

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

Tamaño de partícula y homogeneidad de mezclas unifed en granjas de vacuno de leche de Navarra

presentado por

Endika Landa Goya *k*

aurkeztua

**INGENIERO AGRONOMO
NEKAZARITZA INGENIARITZA**

Septiembre de 2015

El profesor Leopoldo Alfonso Ruíz del Departamento de Producción Agraria de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Pública de Navarra, informa que el trabajo fin de Carrera titulado “TAMAÑO DE PARTÍCULA Y HOMOGENEIDAD DE MEZCLAS UNIFEED EN GRANJAS DE VACUNO DE LECHE DE NAVARRA” que presenta el alumno ENDIKA LANDA GOYA, ha sido realizado bajo su tutela y autoriza su presentación.

Y para que así conste firma el presente informe

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'L. Ruíz', is centered on the page.

En Pamplona, a 10 de septiembre de 2015.

Agradecimientos

Estas líneas son para agradecer a todas aquellas personas que de una forma u otra, han contribuido a la consecución del presente trabajo.

En primer lugar agradecer a mi familia y a mis padres el apoyo y los ánimos transmitidos durante estos meses. Agradecer a mi padre, ganadero pero sobre todo amante de las vacas, los conocimientos y la afición por el vacuno de leche que me ha ido transmitiendo durante toda mi vida. Dar gracias especialmente a Ania, por apoyarme tanto en esos momentos de crisis y estar siempre a mi lado al final de las jornadas maratónicas.

Agradecer a INTIA, S.A. y a sus ganaderos, con los que he disfrutado y aprendido mucho en las visitas a sus granjas, la disposición para acogerme durante este trabajo. Sobre todo a Ana Barandiaran y a Juan Carlos Irirarte, nutricionistas de INTIA, S.A. por su constancia, trabajo y profesionalidad y por todo el tiempo que han invertido en enseñarme y ayudarme con el trabajo. Gracias a ellos, he conseguido sumergirme en el mundo de la nutrición de vacuno de leche.

También a Leo Alfonso, tutor, su disposición y su inestimable ayuda tanto en la redacción del proyecto como en el tratamiento estadístico. También el haberme hecho dar siempre una vuelta más a las cosas, tanto en este trabajo como durante toda la carrera.

Finalmente, a todos aquellos técnicos que se han mostrado dispuestos a resolver mis dudas y curiosidades.

Gracias a todos

Resumen

El objetivo del presente trabajo, es cuantificar la distribución del tamaño de partícula y la homogeneidad de las mezclas unifeed en una muestra de explotaciones de vacuno de leche de Navarra, socias de INTIA, S.A. y analizar la influencia de factores como la composición de las mezclas, el tipo de carro unifeed utilizado así como su manejo.

Para ello, se han estudiado las mezclas unifeed de 27 explotaciones de Navarra, tomando 10 muestras del pesebre y analizándolas con el separador de partículas Penn State (2013). Además, se han controlado las características de los carros unifeed utilizados y múltiples variables de su manejo.

Se ha podido observar que solo una de las explotaciones cumplía con las recomendaciones Penn State (2013) de tamaño de partícula, siendo el fallo más habitual un elevado contenido en la bandeja superior, con valores de hasta el 39%, que indica un deficiente picado de los ingredientes de la mezcla.

Llegar o no a estas recomendaciones depende mucho de los ingredientes utilizados en la mezcla unifeed así como del procesado previo de los forrajes. Así, el factor que más parece influir es el picado previo del silo de gramíneas, siendo el método de recolección más adecuado la picadora. Además, los carros unifeed horizontales logran un 10% menos de partículas retenidas en la bandeja superior.

En cuanto a la homogeneidad, la situación se podría calificar en líneas generales como mejorable, aunque en algunos casos es preocupante. Una de las líneas de mejora podría ser aumentar el tiempo de mezclado tras finalizar la carga, que influye positivamente en la homogeneidad. También parece conveniente prestar atención al estado de las cuchillas de los carros unifeed.

No se ha podido establecer un buen modelo global de predicción para las dos variables estudiadas, dado que se ha encontrado una gran diversidad de manejos y raciones, por lo que parece recomendable ensayar diferentes formas de manejo dentro de explotación, tomando como base los resultados de este trabajo para ver cómo afectan al tamaño de partícula y a la homogeneidad.

Palabras clave: Penn State, tamaño de partícula, homogeneidad, carro unifeed, mezcla unifeed, ración totalmente mezclada.

Summary

The goal of this work is to quantify the particle size distribution and the homogeneity in TMR mixes from a sample of farms from Navarre, associated to INTIA S.A. analyzing the factors that influence on them, for example: TMR composition, TMR mixer used and its management

For that, total mixed rations from 27 dairy farms from Navarre were sampled, taking 10 samples from the feed bunk and analyzing them with the Penn State particle separator. Many factors associated to the TMR mixer and its management were monitored too.

Only one of the studied farms complies with the Penn State (2013) particle size recommendations. In the rest the most common mistake was a lot of TMR remaining in the top sieve, up to 39%.

Achieving the recommendation depends heavily on the ingredients used in the TMR as well as on the previous processing of the forage. More concretely, the most influential factor seems to be the chopping of the grass, where chopping with a forage chopper instead of baling or using self-loading wagons is highly recommended. Horizontal TMR mixers reach 10% less remaining on the top sieve, compared to the vertical mixers.

According to the homogeneity of the TMR, generally it could be said that needs improvement, despite in some farms should be a cause of concern. One of the management changes that should improve the homogeneity is the mixing time after finishing loading, because it has positive influence in the CV. The blades of the mixer seem to play a role in the homogeneity too.

Due to many different management systems and rations were found in the studied farms, the farmers should try management changes, based on the results obtained in this work and monitoring how those changes affect the particle size and the homogeneity, using the trial and error method.

Keywords: Penn State, Particle size, homogeneity, TMR mixer, total mixed ration.

Índice

1. Introducción.....	1
1.1. Mezcla unifeed.....	2
1.2. El carro unifeed.....	3
1.3. Importancia del tamaño de partícula de la mezcla unifeed, primer objetivo del carro unifeed.....	5
1.3.1. Efectos del tamaño de partícula inadecuado.....	6
1.3.2. Medida del tamaño de partícula: separador de partículas Penn State (PSPS).....	7
1.4. Homogeneidad de la mezcla unifeed, segundo objetivo del carro unifeed....	8
1.5. Factores que afectan al tamaño de partícula y homogeneidad de la mezcla unifeed.....	12
1.5.1. Desgastes.....	12
1.5.2. Tiempo de mezclado.....	13
1.5.3. Tamaño de la mezcla: porcentaje de llenado del unifeed.....	14
1.5.4. Picado previo del forraje.....	16
1.5.5. Orden de mezclado.....	17
1.5.6. Revoluciones por minuto del sinfín interior.....	18
1.5.7. Otros factores.....	19
2. Objetivos.....	20

3. Material y métodos.....	22
3.1. Determinación de las explotaciones a considerar en el estudio.....	23
3.2. Visitas a explotaciones para la toma de muestras de la ración y caracterización de los factores de variación.....	24
3.3. Análisis de la distribución del tamaño de partícula con PSPS.....	29
3.3.1. Descripción del separador utilizado.....	29
3.3.2. Descripción del procedimiento seguido con el separador.....	29
3.4. Análisis de la homogeneidad de la mezcla unifeed.....	32
3.5. Predicción del tamaño de partícula y de la homogeneidad en función de los factores de variación controlados en granja.....	32
3.5.1. Consideraciones previas.....	32
3.5.2. Establecimiento del modelo de predicción.....	33
3.5.3. Agrupación clúster de raciones.....	38
3.5.4. Factores no considerados en el modelo.....	42
4. Resultados y discusión.....	44
4.1. Tamaño de partícula y homogeneidad de las mezclas unifeed.....	45
4.1.1. Comparación del tamaño de partícula con la recomendación Penn State (2013).....	45
4.1.2. Tamaño de partícula de las mezclas unifeed analizadas.....	49
4.1.3. Cuantificación de la homogeneidad.....	51

4.2. Principales factores de variación que afectan a la homogeneidad y al tamaño de partícula.....	54
4.3. Predicción del tamaño de partícula y de la homogeneidad en función de los factores de variación controlados en granja.....	61
4.3.1. Predicción del tamaño de partícula.....	61
4.3.2. Predicción de la homogeneidad.....	65
4.3.3. Capacidad predictiva de los modelos.....	68
5. Conclusiones.....	70
6. Bibliografía.....	72
7. Anejos.....	77
Anejol: Elaboración, caracterización y análisis de la ración unifeed.....	78
Anejo II: Encuesta utilizada en las visitas a las explotaciones.....	88
Anejo III: Base de datos para la gestión de la información.....	96
Anejo IV: Planteamiento del protocolo CFIA (2013) para el análisis de la homogeneidad.....	108

1. Introducción

1.1 Mezcla unifeed

En las últimas décadas se ha producido un incremento más que sustancial en la producción por lactación de las vacas. Han sido numerosos factores los que han influido en este aspecto (genética, manejo, instalaciones...), pero sin duda alguna, uno que no pasa desapercibido es la introducción de la ración totalmente mezclada o mezcla unifeed. Según algunos autores la producción de leche en comparación con las raciones convencionales puede aumentar hasta en un 5% (Lamers, Heinrichs e Isher, 1994)

En los sistemas de alimentación tradicionales los animales son alimentados con forrajes separados de los concentrados (Jimeno y Martín, 1996), sistemas que aún siguen presentes en algunas zonas de España, pero que sin duda van a menos. Es sobre todo en la década de los noventa cuando las raciones unifeed proliferan entre las explotaciones españolas. La mezcla unifeed consiste en el suministro, *ad libitum*, de una dieta perfectamente homogénea de todos aquellos ingredientes que la constituyen (principalmente forrajes y concentrados) (Jimeno et al., 1996). De esta manera se consigue evitar que los animales seleccionen ingredientes individuales. Se prepara mediante el carro unifeed cuya misión es pesar, mezclar y picar los ingredientes.

Las raciones unifeed, en la mayoría de los casos, son formuladas y balanceadas por un técnico de manera que aseguran cubrir las necesidades de la vaca lechera de alta producción (VLAP). En muchas de las explotaciones de nuestra geografía, la manera de trabajar es la siguiente: se analizan los forrajes disponibles en la explotación y se “diseña” o formula un pienso que intenta, en la medida de lo posible compensar las carencias de los forrajes. El hecho de utilizar la mezcla unifeed permite que esta formulación teórica se lleve a la práctica en granja de una forma bastante exacta ya que cada ingrediente se pesa.

La formulación de raciones excede el ámbito de este trabajo y no se hará sino dar alguna pincelada durante este documento.

Son innumerables las ventajas de la mezcla unifeed con respecto al sistema convencional forraje-pienso, indudablemente, mucho mayores que los inconvenientes.

Las principales ventajas son (Lammers et al., 1994; Jimeno et al., 1996):

-Cada bocado de alimento consumido por la vaca está perfectamente balanceado. Esto produce un ambiente más estable en el rumen que favorece la acción microbiana y reduce el riesgo de acidosis.

-Aumenta la ingesta de materia seca: el aumento medio de la ingestión según Jimeno et al. (1996) es de un 10%, esto da lugar como ya hemos mencionado a un aumento en la producción de leche. Además, este consumo se da de una forma gradual a lo largo de todo el día, favoreciendo la acción de la flora ruminal.

-Permite una mecanización total de la alimentación.

Por otra parte algunos inconvenientes del uso de mezcla unifeed que han sido indicados son (Lammers et al., 1994; Jimeno et al., 1996):

-Se requiere una inversión en el carro mezclador y un gasto en su mantenimiento.

-Requiere establos e instalaciones adaptables al paso del carro unifeed (pasillos, pesebres...)

1.2 El carro unifeed

Los carros unifeed son los encargados de preparar las raciones unifeed descritas previamente. En él se cargan los ingredientes que después son distribuidos en el pesebre a las vacas. Esta máquina tiene dos objetivos principales: preparar una mezcla uniforme a lo largo del comedero tanto en composición como en tamaño de partícula (mezclado y picado), y también uniforme a lo largo de los días (Gil, 2010).

Resumidamente, la máquina consta de un depósito o cuba abierto en su parte superior y con cuchillas y sinfines en su interior que es donde se realiza el picado y mezclado de la ración. Las cuchillas van montadas sobre los sinfines dentro del carro. Los alimentos se introducen en la máquina por la parte superior, bien sea con una pala cargadora o bien sea mediante una fresa y son pesados mediante la báscula del carro conforme se van cargando

Existen dos grandes grupos en cuanto al accionamiento: lo único que varía es que los arrastrados deben ir remolcados y accionados por un tractor y los autopropulsados son máquinas autónomas con motor y cabina. Otros dos grandes grupos se podrían hacer en cuanto a la disposición de los sinfines de mezclado

(principalmente horizontal o vertical), disposición que a diferencia del tipo de propulsión sí puede afectar a la calidad de la ración elaborada. Ambos tipos pueden ser de uno o varios sinfines. También existen carros de tipo giratorio pero su presencia es anecdótica (Imagen 1).

Existe mucha controversia sobre cuál de los dos tipos es el más adecuado para la mezcla y dependiendo de qué autor se lea dice que a excepción de uno o dos modelos ya extintos, todos los mezcladores, tanto horizontales como verticales, disponibles en el mercado actualmente realizan una mezcla unifeed consistente (Oelberg, 2011).

De forma resumida, en el Anejo I se recoge con más detalle sus características, las principales diferencias entre ambos son:

-Verticales (Imagen 2): son los más extendidos porque son más económicos en dinero y en potencia necesaria. Son adecuados cuando se usan forrajes de fibra larga o ensilados en pacas porque se minimizan los atascos (Gil, 2010).

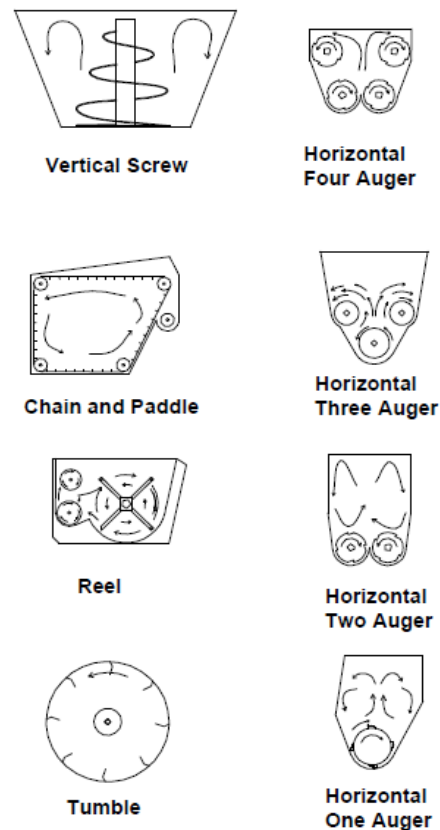


Imagen 1: Esquema de los tipos presentes en EEUU. En España los más comunes: vertical y horizontal; (Kammel, 1998)

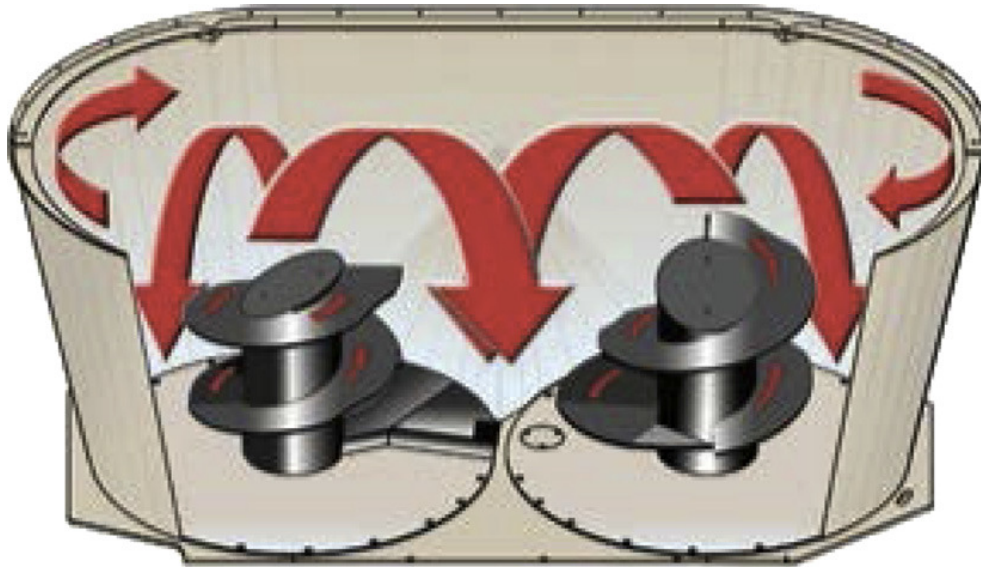


Imagen 2: *Movimiento de la mezcla en el unifeed vertical de dos sinfines (Fuente: Oelberget al., 2014)*

-Horizontales: son preferibles ya que la molienda es más fina y la mezcla más homogénea (Gil, 2010). Además, son muy adecuados para realizar mezclas muy pequeñas (grupos de postparto, pequeños lotes...) (Oelberg, 2011). El contrapunto es que es necesario procesar el forraje previamente, ya que la adición al carro del forraje sin procesar (muy largo o en pacas) da lugar a atascos en este tipo de carros (Calsamiglia, 2015b).

1.3. Importancia del tamaño de partícula de la mezcla unifeed: **primer objetivo del carro unifeed**

Como ya se ha dicho, conseguir un tamaño de partícula adecuado es uno de los dos principales objetivos del carro unifeed. El tamaño de partícula tiene muchos efectos sobre la vaca y es necesaria una longitud adecuada del forraje para un correcto funcionamiento del rumen (Rene, 2009).

Se debe recalcar que el tamaño de partícula de la ración final viene determinado no sólo por los aspectos inherentes al manejo del carro mezclador, sino que comienza en el campo recogiendo los forrajes en el momento óptimo de madurez, y depende también de que la longitud de picado sea adecuada (Penn State, 2013).

1.3.1 Efectos del tamaño de partícula inadecuado

Al valorar el tamaño de partícula en la mezcla unifeed, si las partículas son demasiado largas la vaca selecciona más fácilmente los ingredientes en el pesebre, lo que redundaría en que lo ingerido por la vaca difiere mucho de lo que formuló el nutricionista. Esta selección, hace además que las vacas no consuman las partículas de fibra larga que le estamos presentando (especialmente las productoras con menos días en leche), y terminan ingiriendo una ración muy concentrada que induce a acidosis (A. González, [Comunicación personal]. 21 de abril de 2015). En determinados casos, la vaca, al final del día, termina comiéndose toda la ración presentada en el pesebre, pero el problema es que la vaca ha consumido en determinados momentos del día todo el concentrado y en otros toda la fibra. Esto hace que el pH ruminal en determinados momentos del día se sitúe por debajo de 6,2. Este pH reducido, genera alteraciones en la metabolización de las grasas a nivel ruminal, ya que da lugar a una biohidrogenación alternativa de los lípidos en el rumen, generando un flujo de metabolitos intermedios como el Ácido linolénico conjugado (CLA) al duodeno, siendo este un potente inhibidor de la síntesis de grasa (Calsamiglia, 2015). Además, cortos periodos de presencia de CLA dan lugar a fuertes depresiones del porcentaje de grasa en leche (C. Martín, [Comunicación personal]. 12 de mayo de 2015).

Este razonamiento es de una importancia vital ya que concluye que el hecho de tener una ración con un tamaño de partícula muy largo, que a priori pudiera parecer que asegura la síntesis de grasa en la glándula mamaria fruto de una suficiente estimulación de la rumia, no siempre es así, incluso puede tener efecto contrario. Este punto es por tanto un aspecto clave.

Otra consecuencia importante de tener una ración con un tamaño de partícula demasiado largo es que el consumo de materia seca total disminuye. Una vaca que ingiere más materia seca, es capaz de obtener más cantidad de nutrientes provenientes de los forrajes ya que es capaz de ingerir una mayor cantidad de forraje, y esto permitiría reducir los aportes de nutrientes provenientes del concentrado con el consiguiente abaratamiento de la ración.

Por el contrario, si las partículas son demasiado pequeñas, las partículas tienen un tránsito muy rápido por el rumen, se reduce el tiempo de rumia de la vaca y tiende a disminuir el pH ruminal (Penn State, 2013), dando lugar a acidosis.

No olvidemos que es un tamaño de partícula suficientemente largo con una cantidad de fibra suficiente el que asegura que la vaca rumie y genere saliva que actúa como tampón regulando el pH ruminal. A este respecto Penn State (2013) recomienda que más del 60% de las partículas se sitúen entre 4 y 19mm, es decir en el rango medio de tamaño de partícula (ni muy corto ni muy largo). Como hemos visto es ahí donde está la clave, en obtener un tamaño de partícula lo suficientemente corto que nos asegure una correcta ingestión de materia seca y una reducida selección, pero lo suficientemente largo como para que nos asegure una rumia correcta, evitando así la acidosis.

En el Anejo I se recogen algunas consideraciones sobre el concepto de fibra efectiva y los requerimientos fibrosos del vacuno lechero.

1.3.2 Medida del tamaño de partícula: separador de partículas Penn State (PSPS)

Dada la importancia del tamaño de partícula en la mezcla unifeed surge el interés de medirlo y por ello nace el PSPS. El PSPS (de las siglas en inglés: Penn State Particle Separator) es una herramienta cuantitativa para determinar el tamaño de partícula tanto de forrajes como de raciones unifeed. Este separador permite además, en su versión más reciente estimar la fibra efectiva (peFND), más concretamente el porcentaje de la mezcla unifeed que proporciona peFND tal como se recoge en el Anejo I la pe FND es a grandes rasgos aquella parte de la FND que estimula la rumia.

Existe otro método de separación de partículas, el diseñado por la Asociación Americana de Ingenieros Agrónomos y Biólogos (ASABE), pero éste es de una complejidad mayor y se debe realizar en laboratorio, no es realizable en campo (Penn State, 2013), por lo que en 1996 se diseñó el separador de partículas Penn State de la mano de la Universidad estatal de Pennsylvania (PSU) con el propósito de estudiar la distribución de tamaño de partícula en granja.

El primer separador PSPS se diseñó con 2 cribas más la bandeja del fondo, se trataba del separador conocido mundialmente como Penn State Two-Sieve Forage Particle Separator. Este separador cuenta con la criba de 19mm (0,75") y la criba de 8mm (0,31"). Es el separador que disponía INTIA SA al inicio de este trabajo.

Según un estudio realizado por PSU analizando 831 muestras de mezcla unifeed en explotaciones de vacuno lechero comerciales se constató que la mayor parte de las

partículas (58%) pasaba por ambas cribas (19 y 8mm). Visto el elevado porcentaje que quedaba en la bandeja inferior, surgió el interés de añadir una bandeja de menor tamaño con intención de realizar una mejor descripción de esas partículas pequeñas. El poro utilizado en esta bandeja es 1,18mm, ya que las partículas menores, o se digieren rápidamente en el rumen o pasan rápidamente por él.

El hecho de fijar el tamaño de poro en 1,18mm, viene dado porque investigaciones previas determinaron, analizando el tamaño de partícula en heces en vacas y ovejas, que solo un 5% de las partículas encontradas en heces medían más de 1,18mm (Penn State, 2013).

Investigaciones posteriores realizadas por PSU, Canadá y Japón (Penn State, 2013) constataron que el tamaño mayor de partículas retenido en el rumen estaba más cerca de 4mm que de 1,18mm. Por ello, en el año 2013, PSU lanza la bandeja de tamaño de poro 4mm (0,16"). Con esta nueva criba, que sustituye en cierto modo a la criba de 1,18mm se puede determinar de un modo más exacto la fibra efectiva. Este nuevo separador es conocido mundialmente como Penn State Three-Sieve Forage Particle Separator.

Las partículas retenidas en esta bandeja, son principalmente partículas de forraje pequeñas, de naturaleza fibrosa, que tienen un impacto pequeño pero significativo en la regulación del rumen (Penn State, 2013).

Por el interés que parece suscitar esta nueva bandeja, INTIA SA adquirió la mencionada bandeja de tamaño de por 4mm para realizar el presente trabajo final de carrera.

Dicho todo esto, Penn State (2013) establece unas recomendaciones para el tamaño de partícula que se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1: Recomendaciones de tamaño de partícula
(Fuente: Penn State, 2013)

Criba	Tamaño de poro		Tamaño de partícula		Unifeed
	Pulgadas	Mm	Pulgadas	Mm	
Superior	0,75"	19mm	>0,75	>19	2-8%
Media	0,31"	8mm	0,31-0,75	8-19	30-50%
Inferior	0,16"	4mm	0,16-0,31	4-8	10-20%
Bandeja del fondo			<0,16	<4	30-40%

El PSPS también se puede utilizar para estudiar la selección en la ración de vacas de leche, para ello se debería medir el tamaño de partícula varias veces a lo largo del día no debiendo diferir más de 3-5% respecto a la ración original

1.4. Homogeneidad de la mezcla unifeed: segundo objetivo del carro unifeed

Uno de los grandes retos del ganadero es conseguir que todas sus vacas ingieran gran cantidad de materia seca y de una composición lo más igual posible unas de otras. Para ello es vital una mezcla unifeed homogénea y correctamente mezclada, en el momento del reparto, éste es el segundo gran objetivo del carro unifeed (Gil, 2010).

Se debe buscar una ración homogénea a lo largo del pesebre ya lo largo de los días (Calsamiglia, 2015a). La vaca es un animal de costumbres y rutinario por ello se debe procurar realizar los menores cambios posibles, siempre gradualmente, de ahí la importancia de que la ración sea homogénea a lo largo de los días.

Medida de la homogeneidad en la mezcla unifeed

Dada la importancia de la homogeneidad de la ración, es interesante disponer de un criterio objetivo de medición. En la práctica lo que se suele hacer es medir las variaciones en la mezcla a lo largo de la línea del comedero. Para ello se han utilizado en la bibliografía diferentes técnicas: análisis de un elemento químico y mediante el PSPS (Penn State, 2013 en su guía del separador también indica que se puede obtener información útil acerca del manejo y del carro analizando varias muestras a lo largo del pesebre). Se procede a continuación a explicar la que se va a utilizar en este

trabajo, el procedimiento de Oelberg y Stone (2014) quedando el resto de técnicas recogidas en el Anejo I.

Estos autores proponen analizar la homogeneidad mediante el uso de las bandejas PSPS siguiendo las siguientes indicaciones:

1º - Toma de muestras del unifeed:

-Tomar 10 muestras de la línea del comedero, inmediatamente después de descargar el unifeed y antes de que las vacas comiencen a comer o mover la mezcla. Para facilitar el cálculo del espaciamiento entre las muestras se realiza utilizando los postes de la nave o de los cubículos y dividiéndolos entre 10.

-Las muestras se toman con una palahasta llenar una bolsa de aproximadamente 1,4L. Es importante que el tamaño de todas las muestras sea similar para eliminar la variabilidad inducida por la muestra. Las muestras deberían tener 350g-550g.

2º- Utilización del PSPS y análisis de datos

Utiliza un procedimiento adaptado de la industria alimentaria:

-Usar el procedimiento PSPS en cada muestra (procedimiento explicado en el apartado material y métodos de este trabajo).

-Determinar la media y la desviación típica o estándar (DS). El coeficiente de variación ($CV\% = DS / \text{media} \cdot 100$) para la criba superior, media y baja. Se puede utilizar el separador de 4 bandejas pero esto podría incrementar el coeficiente de variación de manera artificial. Para evaluar el coeficiente de variación funciona mejor el separador de tres bandejas.

-Utilizar el dato de la bandeja media y la del fondo para evaluar la homogeneidad del tamaño de partícula ya que son las importantes para raciones de vacuno lechero.

-Utilizar el CV como el estándar para evaluar la homogeneidad del tamaño de partícula y la eficiencia del unifeed.

-Objetivo: CV menor o igual al 2% para la criba media y la bandeja del fondo.

Al final se deberían obtener unos resultados similares a los recogidos en la Tabla

2.

Tabla 2: Resultados del PSPS en una MEZCLA UNIFEED a lo largo del pesebre para evaluar la homogeneidad (Oelberg et al., 2014)

Localización en el pesebre	Nº muestra	% en cada bandeja PSPS		
		Superior	Media	Band. Fondo
A: inicio de la descarga	1	4,5	56,2	39,2
B	2	5,6	55,8	38,6
C	3	5,6	55,5	38,9
D	4	6,8	55,2	38,0
E	5	3,4	57,1	39,5
F	6	3,8	56,6	39,6
G	7	5,0	55,5	39,5
H	8	4,2	55,4	40,4
I	9	2,6	55,9	41,5
J: fin de la descarga	10	3,9	54,5	41,5
Media		4,5	55,8	39,7
%CV		26,96	1,32	2,90

Otros autores dan valores de coeficientes de variación diferentes al Oelberg et al. (2014), a continuación se enumeran algunos:

Oelberg (2011a) es menos estricto en cuanto al objetivo de CV y lo fija en un 3% para las bandejas media y fondo.

Si nos vamos a autores europeos, por asemejarlo más a las condiciones que se van a encontrar en nuestro territorio: Hulsen, Aerden y Rodenburg (2014) fijaron esa tolerancia de CV en 5%.

Con respecto a qué bandejas se deben tener en cuenta a la hora de evaluar la homogeneidad, Leahy (2013) dice, que en Estados Unidos es difícil conseguir ese objetivo del 3% en la bandeja superior en mezcla unifeed ya que sus raciones tienen solo el 5-10% del peso en la bandeja superior. Sin embargo, en la mayoría de Europa no es de extrañar que la mayoría de la ración se quede en la bandeja superior. Por lo tanto, la variación se debería evaluar en las bandejas en las que quede retenida la mayor parte de la mezcla unifeed. Así pues, en EEUU se pueden utilizar las bandejas media y fondo, mientras que en Europa se pueden utilizar las tres (19mm, 8mm y la bandeja del fondo).

Los autores más permisivos en cuanto a coeficiente de variación son Rippel et al. (1998)(Tabla 3)

Tabla 3: Niveles de homogeneidad de PSPS recomendables para el separador de dos cribas según Rippel et al. (1998).

Recomendación	CV
Deseable	<10%
Necesita mejorarse	10%-20%
Preocupante	>20%

1.5. Factores que afectan al tamaño de partícula y homogeneidad de la mezcla unifeed

Oelberget al. (2014) enumeran nueve factores causantes de variación en la mezcla unifeed:

- Desgastes: de las cuchillas entre otras partes de la máquina.
- Tiempo de mezclado tras la carga del último ingrediente.
- Mezclado con el carro desnivelado.
- Parte del unifeed por donde se realiza la carga (centro, trasera, delantera...).
- Tamaño de la mezcla: relacionada con el porcentaje de llenado del unifeed.
- Calidad del heno y picado previo.
- Orden de carga
- Distribución de líquidos
- Velocidad del sinfín interior en los unifeed verticales.

A continuación se van a explicar algunos de éstos factores más detalladamente, procurando centrarlos al máximo en el manejo que se hace en Navarra.

1.5.1. Desgastes

El estado de las cuchillas es un factor determinante, ya que las cuchillas desgastadas no procesan de una manera correcta el ensilado (Oelberg et al., 2014). Esto se agrava más si se utilizan bolas de silo. El grado y la velocidad de desgaste de las cuchillas dependen del tamaño del rebaño así como de las cantidades de ensilado de hierba, de heno y de paja utilizados en la ración y de su procesado previo (Oelberg et al., 2014). Se requiere un protocolo de mantenimiento que revise estas partes al

menos una vez al mes. En la imagen 3 se puede ver una cuchilla nueva y una desgastada.



Imagen 3: *cuchillas nueva (izda.) y desgastada (dcha.), Fuente: propia*

1.5.2. Tiempo de mezclado

Obviamente el tiempo de mezclado del unifeed es un factor determinante para obtener una mezcla unifeed homogénea. La falta de mezclado del último ingrediente es uno de los fallos más frecuentes en explotaciones de vacuno lechero (Oelberg, 2011b). Salvando las diferencias territoriales que puedan existir Oelberg (2011b) indica que son necesarios de tres a cinco minutos tras la adición del último ingrediente al carro para obtener un mezclado completo. Hulsen et al. (2014), por su parte, dan un valor de entre 5 y 10 minutos tras añadir el último ingrediente. Argumentando que el CV en el contenido de sal de la ración alcanza el 10%, tras 5 minutos de mezcla.

En Navarra el tiempo adecuado de mezclado probablemente sea mayor ya que el mencionado estudio es estadounidense y allí se tiende a picar más los forrajes, ya que los métodos de recolección son diferentes, tal y como se explicará en el apartado 1.5.4. En la tabla 4 se pueden ver los resultados de homogeneidad para un mismo unifeed con dos tiempos de mezclado diferentes, se ve que el CV disminuye de forma importante.

Tabla 4: Influencia del tiempo de mezclado tras la carga del último ingrediente en la homogeneidad de la mezcla (%CV), Fuente: Oelberget al., 2014

Nº de muestra del pesebre	% en cada bandeja PSPS					
	3,5 min			5 min		
	Superior	Media	Band. Fondo	Superior	Media	Band. Fondo
1: inicio de la descarga	10,9	38,2	50,8	14,9	38,8	46,3
2	8,6	38,8	52,6	12,6	41,5	45,9
3	11,6	38,4	50,0	12,5	40,0	47,5
4	15,6	37,8	46,7	14,3	39,3	46,5
5	13,9	39,1	47,0	13,1	39,8	47,1
6	10,8	38,2	51,0	11,7	39,5	48,8
7	9,2	39,1	51,7	12,6	38,8	48,6
8	12,2	41,7	46,0	12,4	38,7	48,9
9	14,1	38,1	47,7	13,0	40,2	46,9
10: fin de la descarga	11,6	37,3	51,1	11,4	39,3	49,3
Media	11,8	38,7	49,5	12,8	39,6	47,6
%CV	18,52	3,11	4,81	8,15	2,12	2,56

No obstante, además de mezclar, los carros pican el forraje, un elevado tiempo de mezclado puede resultar en una mezcla homogénea pero con un forraje demasiado picado, además puede causar separación de la mezcla (Kammel, 1998) por decantaciones. Sin embargo si el forraje no se pica lo suficiente, dará lugar a un tamaño de partícula demasiado largo. En un estudio realizado en California se encontró gran variabilidad en los tiempos de mezclado, lo que sugiere que hay margen de mejora (Silva-del-Río, 2011).

1.5.3. Tamaño de la mezcla: porcentaje de llenado del unifeed

Exceder la capacidad máxima del unifeed tiene como consecuencia una mezcla unifeed mal mezclada. Este exceso puede tener varias causas: aumento del número de cabezas, cambios en la materia seca del forraje, lo que hace que la mezcla tenga menos densidad... El cargar demasiado el carro tiene efectos adversos sobre la homogeneidad tal y como se puede ver en la tabla 5.

Tabla 5: Influencia del porcentaje de carga homogeneidad de la mezcla (%CV),
Fuente: Oelberget al., 2014

Nº de muestra del pesebre	% en cada bandeja PSPS					
	Llenado excesivo			Llenado normal		
	Superior	Media	Band. Fondo	Superior	Media	Band. Fondo
1: inicio de la descarga	4,9	45,9	49,2	5,6	44,8	49,6
2	2,9	46,3	50,7	6,0	46,0	48,0
3	2,3	44,2	53,5	4,7	46,2	49,1
4	3,8	44,0	52,2	7,4	45,9	46,7
5	4,8	43,8	51,4	5,5	44,5	50,0
6	3,4	47,7	48,9	8,8	42,8	48,5
7	4,3	44,6	51,1	7,0	46,5	46,5
8	3,8	44,2	51,9	8,1	44,1	47,8
9	7,0	37,3	55,7	7,2	43,9	48,9
10: fin de la descarga	3,6	38,8	57,6	5,9	44,1	50,0
Media	4,1	43,7	52,2	6,6	44,9	48,5
%CV	31,58	7,39	5,22	19,35	2,72	2,58

Oelberg et al. (2014) hacen una recomendación básica de carga:

- Horizontales: que permita ver un correcto movimiento de la mezcla y siempre por debajo de las paredes laterales
- Verticales: 60cm por encima de los sinfines mezcladores.

En el caso de unifeed verticales hacer mezclas muy pequeñas puede afectar a su calidad por el hecho de que parte de la materia prima queda en la cóclea y no se mezcla con el resto.

Para el cálculo de la capacidad necesaria de unifeed, existen muchas y variadas recomendaciones, tanto en densidad como en porcentaje. Algunos ejemplos son:

-Buckmaster (2009) propone calcular la capacidad de unifeed necesaria con una densidad de mezcla de 240-320kg/m³, dato que concuerda prácticamente con Calsamiglia (2005) que da una densidad de 250-320kg/m³.

-Kammel (1998) da un valor de volumen necesario por vaca en función de la producción y la composición de la ración. De su publicación se deduce que para una vaca tipo con una producción diaria de unos 32kg de leche con una ración compuesta

de alfalfa y maíz da un valor necesario de 0,21m³/vaca. Lo que supone 6,25 vacas/m³; este dato concuerda con la recomendación de M.Raluy ([Comunicación personal]. 3 de marzo de 2015), comercial de la marca Tatoma, que es de 7 m³/vaca (comunicación personal).

En cuanto a porcentaje:

- Hulsen et al. (2014) recomiendan un porcentaje de llenado entre el 50 y el 90%.

- Silva-del-Río (2011) dice que para conseguir un buen mezclado el volumen de la ración debe ser al menos el 50% pero no más del 90% de la capacidad máxima del unifeed. Va más allá y dice que se observa un buen mezclado con carros verticales llenos al 85-90% y horizontales al 70-80% de su capacidad máxima.

- Calsamiglia, (2005) dice que la capacidad de mezclado óptima es solo del 65-75% de la capacidad máxima del carro.

- Kammel, (1998) dice que la carga del unifeed debería ser del 60-90% de la capacidad máxima dependiendo del fabricante.

1.5.4. Picado previo del forraje

Lógicamente este va a ser un factor determinante, sino el más determinante, en el tamaño de partícula de la ración final. En el caso del raigrás el tamaño de partícula va muy relacionado con el sistema de recolección-almacenamiento, al menos en nuestra zona. Así, hay tres grandes tipos: el recogido con picadora (muy picado), el recogido con remolque autocargador (picado medio generalmente, o largo dependiendo del autocargador) y el recogido con rotoempacadora sin picador (picado largo). Por zonas, en el norte de Navarra lo más habitual es encontrarse con hierba o raigrás recogido con rotoempacadora (en bolas) debido a la orografía, en la zona media hay variabilidad ya que encontramos forrajes recogidos con los tres métodos, y en la ribera la mayor parte son recogidos con picadora.

En Estados Unidos es habitual encontrarse con forrajes muy picados ya que en muchos de los casos se utilizan grandes picadoras de forraje para su recolección.

Por lo que respecta al silo de maíz, el tamaño de partícula se regula en la picadora de forraje. Penn State (2013) da unas recomendaciones acerca del tamaño de partícula del silo de maíz y del silo de alfalfa (tabla 6).

Tabla 6: Recomendaciones de tamaño de partícula para silo de maíz y de alfalfa (Fuente: Penn State, 2013)

Criba	Tamaño de poro	Recomendación para silo de maíz	Recomendación para silo de alfalfa
Superior	19mm	3-8%	10-20%
Media	8mm	45-65%	45-75%
Inferior	4mm	20-30%	30-40%
Bandeja del fondo		<10%	<10%

1.5.5. Orden de mezclado

El orden de mezclado o de adición de las materias primas al carro va a depender fundamentalmente de dos factores (Oelberg et al., 2014):

- Tipo de carro unifeed
- Tipo de ingrediente (densidad, tamaño de partícula materia seca...)

Pero, quizá el mayor condicionante, lejos de la recomendación sea el lugar de almacenamiento de ellos en la granja y el tiempo disponible para alimentar a las vacas.

Hecha esta aclaración, los ingredientes secos con tamaño de partícula largo (tales como henos) tienden a flotar y deberían ser añadidos al principio seguidos por los ingredientes más densos y de partícula pequeña que se van al fondo (Silva-del-Río, 2011). Así como recomendación general Silva-del-Río (2011) da el siguiente orden:

-Incluir primero los forrajes con tamaño largo de partícula que necesiten ser picados.

-Si no se quiere reducir más el tamaño de partícula de los forrajes (heno o ensilado), introducir primero los concentrados (granos o mezclas proteicas) y a continuación los ingredientes que se añaden en pequeñas cantidades (minerales, vitaminas...)

-Incluir forrajes que no necesitan ser picados al final.

-Añadir por último los líquidos.

Así en un experimento mostrado por Oelberg et al. (2014) el hecho de añadir el silo de alfalfa en segundo lugar en lugar de en penúltimo lugar supuso que el porcentaje retenido en la criba superior del PSPS pasó de 14,5% a 8,4%.

Rippel, Jordan, y Strokes (1998) también estudiaron este aspecto. Concluyeron que cargando el silo de alfalfa en primer lugar, en lugar de en tercer lugar se consigue variar hasta en un 30% la cantidad retenida en la bandeja superior.

Dicen que como regla general las partículas con menor densidad tienden a subir y por eso, tradicionalmente, se aconseja cargarlos primero y las partículas más pequeñas y de menor densidad al final. No obstante, estos autores concluyen que con el uso de materias primas diferentes en densidad, forma y tamaño, el orden de mezclado óptimo se debe determinar en cada granja mediante prueba y error.

1.5.6. Revoluciones por minuto del sinfín interior

Oelberg et al. (2014) defienden que se consiguen mejores calidades de mezcla con velocidades más elevadas del sinfín interior en mezcladores verticales. Para demostrarlo, muestran una tabla en la que se puede ver que el CV es menor con velocidades de sinfín más elevadas (Tabla 7).

Tabla 7: Valores de %CV medio en las bandejas media y fondo para diferentes marcas de unifeed en mezcla unifeed de vacas en producción (Fuente: Oelberg, 2014)

Marca de unifeed vertical	Valores de %CV medio a diferentes velocidades	
	Lenta	Rápida
Kuhn VTC 1100, dos sinfines (Kuhn North America, Brohead, WI)	3,5	2,00
Peecon, 3 sinfines (PeetersLandbouwmachines, The Netherlands)	5,00	1,78
Penta 1420 HD, dos sinfines (Penta TMR Inc, Canadá)	6,13	2,19
Roto Mix 1355, dos sinfines (Roto-Mix, Dodge City, KS, USA)	5,00	3,24
Supreme 1600 with forage auger, dos sinfines, (Supreme International Ltd, Canadá)	8,53	2,45
SupremewithFeedlotAuger, 1200T, dos sinfines (Supreme International Ltd, Canadá)	-	2,11
Triolet (Triolet, The Netherlands)	4,83	2,81
Media	5,50	2,37

1.5.7. Otros factores

Mezclado con el carro desnivelado: según Oelberg et al(2014) el hecho de que el carro mezclador se encuentre o no desnivelado tiene influencia sobre la homogeneidad ya que el concentrado tiene a irse a la parte baja del unifeed, a la parte que queda más abajo en el desnivel en cuestión.

Parte del unifeed por donde se realiza la carga: se refiere a la parte por donde las materias primas son cargadas al unifeed, según Oelberg et al. (2014) la zona óptima es, en la mayoría de los carros el centro. Este efecto es más notable cuando se utilizan materias primas líquidas en la ración.

Distribución de líquidos: generalmente es preferible añadir los líquidos (agua, melazas...) al final ya que de esa manera se evita que se creen bolos de ingredientes más secos, con las consecuencias que eso tendría sobre la homogeneidad (Oelberg et al., 2014).

2. Objetivos

Con el objetivo de mejorar las prácticas de elaboración de las raciones unifeed en las explotaciones de vacuno lechero socias de INTIA, SA, el presente trabajo persigue los siguientes objetivos:

1-Cuantificar el tamaño de partícula y la homogeneidad de la mezcla unifeed en una muestra de las explotaciones socias de INTIA, SA, comparando si se adecúan a las recomendaciones existentes

2-Describir, en esas mismas explotaciones, los principales factores que afectan al tamaño de partícula y homogeneidad de la mezcla unifeed.

Como objetivos secundarios se persiguen los siguientes:

1-Elaborar una base de datos para su posterior uso en la Gestión técnico-económica de las explotaciones.

2-Evaluar la posibilidad de establecer un modelo de predicción del tamaño de partícula y de la homogeneidad en función de los factores de variación controlados en granja.

3. Material y métodos

3.1. Determinación de las explotaciones a considerar en el estudio

Previo a la realización de las visitas a las granjas, se efectuó una encuesta telefónica a un conjunto de ganaderos. De los 148 ganaderos socios de INTIA, SA se llamó a 102 (descartando 46 en su mayoría porque no disponían de carro unifeed). En la encuesta, además de preguntarles si estaban dispuestos a colaborar en el estudio o no, se les hacía una serie de preguntas simples, para tener una idea previa del manejo de la alimentación. El objetivo de dicha encuesta fue seleccionar una serie de granjas con realidades diferentes en cuanto a características de composición y físicas de la ración y su manejo. Además, se les preguntó por factores que a priori se pensó que podrían influir en el tamaño de partícula final de la ración, siempre teniendo en cuenta que era una encuesta telefónica y que no se podía preguntar al ganadero cosas difíciles o que le supusiera esfuerzo saberlas.

El modelo de encuesta fue el siguiente:

- ¿Qué marca de unifeed es la que tiene su explotación?*
- ¿Qué tipo de unifeed tiene, horizontal o vertical?*
- ¿Cuál es la capacidad de su unifeed en metros cúbicos?*
- ¿Qué materias primas utiliza en su explotación en éste momento? ¿Cuántos kg de MF por vaca utiliza?*
- ¿Cuál es el porcentaje aproximado de materia seca del silo de raigrás y del silo de maíz?*
- ¿En el caso de que utilice silo de raigrás/hierba cual es el método de recolección que utiliza?*

A partir de la información obtenida, se identificó un conjunto de explotaciones adecuado para la realización del estudio atendiendo, además de a su disposición, a las características del carro unifeed, la composición de la ración y las materias primas utilizadas (sobre todo el método de recolección del silo de hierba/raigrás ya que se consideró que podría tener una gran influencia). De las 102 explotaciones que se entrevistaron de forma telefónica se eliminaron 4 porque no se mostraron dispuestos a colaborar y 3 por otras causas ajenas al este trabajo. Así, se obtuvieron datos finalmente de 95 explotaciones potenciales de ser incluidas en el estudio.

3.2. Visitas a explotaciones para la toma de muestras de la ración y caracterización de los factores de variación

Del total de 95 explotaciones que podrían haberse considerado, se visitó un total de 27 explotaciones para la realización del presente trabajo fin de carrera. Se analizaron 27 explotaciones por disponibilidad de tiempo, pero principalmente por su receptividad. También por el especial interés desde INTIA, S.A. de visitar algunas de ellas por criterios ajenos a este trabajo. En la tabla 8 se detallan algunos datos que se desprenden de la encuesta telefónica realizada.

Tabla 8: Datos recabados mediante encuesta telefónica

Explotación nº	Zona	Tipo de unifeed	Recolección del silo de hierba	Nº de vacas en producción
1	Valles	Vertical	Picadora	60
2	Valles	Horizontal	Picadora	536
3	Baztan	Vertical	Bolas	56
4	Valles	Vertical	Autocargador	124
5	Baztan	Vertical	Bolas	61
6	Valles	Vertical	Picadora	247
7	Ribera	Horizontal		84
8	Baztan	Vertical	Bolas; autocargador	115
9	Baztan	Vertical	Bolas	116
10	Valles	Vertical	Bolas	134
11	Baztan	Vertical	Autocargador	55
12	Valles	Vertical		510
13	Valles	Vertical	Autocargador	141
14	Valles	Horizontal	Autocargador	62
15	Valles	Vertical	Bolas	62
16	Valles	Vertical	Picadora	80
17	Valles	Vertical	Autocargador	95
18	Ribera	Horizontal	Picadora	217
19	Valles	Horizontal	Autocargador	149
20	Ribera	Vertical	Autocargador	150
21	Baztan	Vertical	Bolas	95
22	Valles	Horizontal	Picadora; autocargador	62
23	Ribera	Vertical	Picadora	180
24	Baztan	Vertical	Bolas	60
25	Valles	Vertical	Autocargador	109
26	Valles	Horizontal	Picadora	330
27	Ribera	Vertical	Picadora	320

Durante la visita se tomaron una serie de datos y muestras adicionales a los estrictamente necesarios para la consecución de los objetivos del presente trabajo, todos ellos se recogieron mediante una encuesta diseñada a tal efecto y recogida en el anejo II. Estos datos serán utilizados por INTIA SA para futuros trabajos y análisis, y poder integrar así toda la información en la Gestión técnico-económica de sus explotaciones socias. Con el objetivo de almacenar todos estos datos y generar informes para el ganadero de una forma ágil, se elaboró una base de datos (cuya estructura se recoge en el anejo III) en Microsoft Office Access. Un ejemplo de informe al ganadero se recoge en el Anejo III.

A continuación se detallan los aspectos más importantes para el trabajo, relacionados con el tamaño de partícula y la homogeneidad de la ración.

a) Datos del carro unifeed tomados relevantes para el trabajo:

Estado de las cuchillas: La evaluación del estado de las cuchillas se hace visualmente con una escala de cuatro números:

- 0: totalmente desgastadas
- 1: bastante desgastadas
- 2: poco desgastadas
- 3: nuevas o como nuevas

b) Datos del mezclado relevantes para el trabajo:

b1) Datos de cada ingrediente

-Valoración visual del tamaño de partícula: corto, se entiende como corto el tamaño correspondiente a un forraje cogido con picadora; largo, se entiende como largo aquel forraje prácticamente sin procesar (correspondería al raigrás sin picar); medio, entre ambos dos, (correspondería a un forraje cogido con un remolque autocargador equipado con picador) (Imagen 4)



Imagen 4: *Diferentes tipos de silo de gramínea, de arriba abajo: corto, medio y largo según valoración visual, recogidos con picadora, autocargador y bolas, respectivamente*

Tipo de almacenamiento y recolección: se anota si son bolas, o silo de zanja, en tal caso se anota si su recolección es con autocargador o con picadora.

-kg totales: se anotan observando la báscula en el momento de la carga.

-Orden de mezclado: se anotan los ingredientes en el orden que son mezclados, de forma que el ingrediente 1 será el que el ganadero primero vierte al carro unifeed.

b2) Tiempos de carga y mezclado

-Tiempo de carga: tiempo que se está cargando el ingrediente con el unifeed parado.

-Tiempo de carga+mezcla: tiempo que se está cargando el ingrediente con el unifeed en marcha

-Tiempo de mezcla tras carga: tiempo que transcurre desde que se termina de cargar un ingrediente hasta que comienza a cargarse el siguiente.

-Tiempo de mezcla tras finalizar la carga: se cronometra el tiempo transcurrido desde que se termina de cargar el último ingrediente hasta que el ganadero detiene el carro mezclador o inicia la distribución de la mezcla unifeed, lo que antes suceda.

-Tiempo de distribución: se cronometra el tiempo transcurrido desde que la primera partícula de mezcla unifeed abandona el carro hasta que lo hace la última.

De todos éstos tiempo se ha tenido en cuenta para el análisis de los factores que influyen en el tamaño de partícula y en la homogeneidad: a) el que se ha denominado como el tiempo de mezclado del forraje más largo, que se refiere al tiempo desde que se carga el silo de gramínea/gramínea+leguminosa hasta que finaliza la carga de todos los ingredientes; b) el tiempo de mezclado tras finalizar la carga. No se han tenido en cuenta los tiempos en los que el unifeed está parado ya que estos no tienen ninguna influencia sobre la mezcla porque simplemente los ingredientes están dentro del carro pero sin mezclarse.

b3) Revoluciones por minuto (RPM): Se cuentan las vueltas dadas por el sinfín mezclador en 60 segundos. Para ello lo que se hizo fue contar visualmente las vueltas dadas por el sinfín mezclador de dentro de la cuba del carro unifeed durante un minuto cronometrado.

c) *Valoración visual del llenado*: se observa el carro al finalizar el mezclado y se hace una estimación del llenado con los siguientes rangos: <25%; 25-50%; 50-75%; >75%.

d) *Datos relativos a la explotación*: con el objetivo de determinar la ración exacta de la granja en cuestión se anota cuántas vacas en producción hay en la granja, y el tipo de instalación de ordeño (sala o robot de ordeño) y la cantidad de pienso consumida por vaca en el robot o en el DAC.

e) Toma de muestras

Por último, se tomaron 10 muestras con un recipiente de 1,5L (volumen ligeramente superior al indicado como orientativo por Penn State (2013), pero por razones de operatividad se utilizó este volumen ya que se disponía de un recipiente de 1,5L) de cada ración preparada con el carro, justo después de su distribución. Éstas se cogieron lo más equidistantes posibles, para ello se utilizó como referencia los pilares de la nave y los atrapaderos. Son las muestras que serán analizadas posteriormente con el separador PSPS para determinar el tamaño de partícula y la homogeneidad de la mezcla unifeed. Aunque para el tamaño de partícula sería suficiente disponer de tres muestras, el análisis de la homogeneidad requiere 10 siguiendo el procedimiento de Oelberg et al. (2014). Por ello, se toman 10.

Además, yendo más allá de los objetivos primarios de este trabajo, se tomaron muestras de todas las materias primas y de la mezcla unifeed para su posterior análisis físico químico para la gestión de explotaciones propia de INTIA SA.

3.3.- Análisis de la distribución del tamaño de partícula con PSPS

3.3.1. Descripción del separador utilizado

El separador de partículas utilizado para analizar la distribución del tamaño de partícula fue el separador de PSU de cuatro bandejas (19, 8,4 mm y la bandeja adicional del fondo) conocido mundialmente como Penn State Three-Sieve Forage Particle Separator. Estas bandejas se montan unas sobre otras ordenadas por tamaño de poro de mayor a menor como se puede ver en la imagen 5:



Imagen 5: Separador Penn State, listo para cribar con las cuatro bandejas montadas una encima de otra (Fuente: propia)

3.3.2. Descripción del procedimiento seguido con el separador

Como se ha indicado se tomaron 10 muestras en granja de aproximadamente 1,5 litros que fueron procesadas en un plazo máximo de 10 horas tras su obtención. Aunque como se ha indicado tres serían suficientes para conocer el tamaño de partícula, se decidió procesar 10 para analizar la homogeneidad.

El procedimiento habitual fue: toma de muestras por la mañana y procesado con las bandejas por la tarde.

La separación con las bandejas se realizó tal y como indica Penn State (2013). Primero, se vierte el contenido de cada muestra en la bandeja superior (Penn State establece 1,4L de muestra (3· pintas), en este trabajo se han

utilizado 1,5L aproximadamente, tal como se ha indicado), con las otras tres montadas debajo (imagen 5). Se colocan todas las bandejas sobre una superficie plana y se agitan 5 veces en una dirección, cuidando que no haya movimiento vertical, después se giran las bandejas un cuarto de vuelta. Este proceso se repite 7 veces, haciendo al final un total de 8 giros o 40 agitaciones, rotando el separador después de cada vuelta de cinco agitaciones (imagen 6). Las agitaciones se realizan con la suficiente fuerza para que, teóricamente, la muestra resbale a lo largo de la bandeja con una frecuencia de 1Hz (1,1 agitaciones por segundo) y con una longitud aproximada de 17 cm. En la práctica lo que se ha hecho es visualizar el vídeo proporcionado por Penn State, (2015) (https://www.youtube.com/watch?v=azZ9FqLzI_4&feature=youtu.be) en su página web y se ha intentado hacer lo más parecido posible a como se muestra en él.

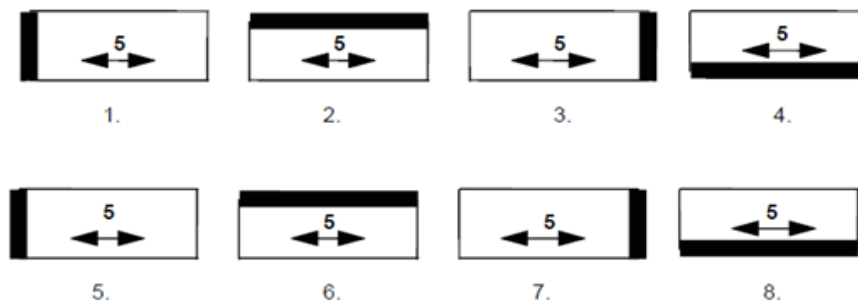


Imagen 6: Patrón de agitación para la separación de partículas por tamaño (Fuente: Penn State, 2013)

Al terminar de agitar, se pesó el contenido de cada una de las tres cribas y de la bandeja inferior (imagen 7). Posteriormente, se calculó el porcentaje del peso total de la muestra que quedó en cada bandeja, tal como indica Penn State (2013) (imagen 8).



Imagen 7: Fracción retenida en cada bandeja (Fuente: propia)

En las explotaciones en las que disponen de robot o DAC, para poder hacer alguna comparación con las recomendaciones Penn State se consideró como si la cantidad de pienso ingerida en el robot/DAC fuera distribuida uniformemente en la mezcla unifeed. Tras calcular la parte de pienso de robot/DAC que iría en la cantidad de mezcla unifeed muestreada, se supone que caería todo a la bandeja de abajo, sumándose al peso obtenido en esta bandeja

Así la corrección se hizo con la siguiente fórmula:

Peso band. fondo corregido= peso band. fondo sin corregir+(kg de pienso por vaca en DAC * nº de vacas / kg totales de mezcla al día para el rebaño)*peso total de la muestra de mezcla.

Por lo tanto, y en lo que resta de trabajo cada vez que se hable del peso de bandeja fondo corregido, se refiere al peso una vez sumada la cantidad de pienso en robot/DAC correspondiente.

Record and Calculate Data		
Sample	Weight Retained	Proportion Remaining On Each Sieve
Upper sieve (0.75 inches)	10 grams [a]	$a/e * 100 = 10/200 * 100 = 5\%$
Middle sieve (0.31 inches)	80 grams [b]	$b/e * 100 = 80/200 * 100 = 40\%$
Lower sieve (0.16 inches)	40 grams [c]	$c/e * 100 = 40/200 * 100 = 20\%$
Bottom pan (< 0.16 inches)	70 grams [d]	$d/e * 100 = 70/200 * 100 = 35\%$
Sum of Weights	200 grams [e]	
Compute Cumulative Percentage Undersized ¹		
% Under upper sieve	$f = 100 - (a/e * 100)$	$100 - 5 = 95\% \text{ undersized}$
% Under middle sieve	$g = f - (b/e * 100)$	$95 - 40 = 55\% \text{ undersized}$
% Under lower sieve	$h = g - (c/e * 100)$	$55 - 20 = 35\% \text{ undersized}$

¹Cumulative percentage undersized refers to the proportion of particles smaller than a given size. For example, on average, 95% of feed is smaller than 0.75 inches, 55% of feed is smaller than 0.31 inches and 35% of feed is smaller than 0.16 inches.

DSE 13-186

The Penn State Particle Separator

5

Imagen 8: Ejemplo de cálculo del peso total y porcentajes acumulativos bajo cada bandeja (Fuente: Penn State, 2013)

3.4.-Análisis de la homogeneidad de la mezcla unifeed

Para la evaluación de la homogeneidad de la mezcla, inicialmente, se planteó el uso del procedimiento de ensayo de mezcladores desarrollado por la Agencia Canadiense de Inspección Alimentaria (CFIA, 2013) (Ver anejo IV). Pero, finalmente, se optó por evaluar la homogeneidad con el separador PSPS según el método Oelberg et al. (2014).

Se calculó la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación (CV) para cada grupo de diez muestras correspondientes a cada granja. De la siguiente manera:

3.5.- Predicción del tamaño de partícula y de la homogeneidad en función de los factores de variación controlados en granja.

3.5.1. Consideraciones previas

Para la realización del tratamiento estadístico de los datos se utilizó el paquete estadístico R, versión 3.1.1. Se utilizaron los procedimientos “modelo lineal” y “análisis de agrupación de R Commander”.

Se decidió dejar dos explotaciones de las muestreadas a la hora de realizar el análisis estadístico para la predicción del tamaño de partícula: la explotación 19 y la 27. La explotación 19 se decidió dejarla fuera por tener un carro unifeed horizontal de palas, muy diferente a todo el resto de unifeed. La explotación 27, se dejó fuera por tener un pienso en la ración en forma granulada que queda retenido en la bandeja inferior, haciendo subir este porcentaje hasta un 23%.

En las granjas con un sistema de alimentación disociada, es decir, en las que parte del concentrado es suministrado en el robot de ordeño o en el DAC, no se tuvo en cuenta este pienso para el modelo de predicción del tamaño de partícula. Es decir, no se utilizó el dato de %bandeja fondo corregido, sino el de %bandeja fondo sin corregir con el pienso del robot/DAC, ya que se analizaron mezclas unifeed y este pienso no forma parte de la mezcla unifeed en sí misma. Asimismo, tampoco tuvo en cuenta este pienso al realizar la agrupación clúster de raciones. Sin embargo, sí que se tuvo en cuenta a la hora de comparar con las recomendaciones

Penn State (2013), ya que se entiende que estas recomendaciones están dadas para mezclas unifeed completas es decir con todo el pienso en la ración.

3.5.2 Establecimiento del modelo de predicción

Se establece el siguiente modelo de predicción del tamaño de partícula:

$$y_{ijklm} = \mu + \text{Clúster}_i + TU_j + LL_k + CU_l(TU_j) + b_{TM} + b_{TMFL} + b_{RPM} + e_{ijklm}$$

Donde,

y_{ijklm} = media del porcentaje para cada una de las 3 cribas del separador y para la bandeja del fondo (%sup, %med, %inf y %fondo).

Se establece otro modelo de predicción de la homogeneidad:

$$y_{ijklmn} = \mu + \text{Clúster}_i + TU_j + LL_k + CU_l(TU_j) + ORD_m + b_{TM} + b_{TMFL} + b_{RPM} + e_{ijklmn}$$

Donde,

y_{ijklmn} = CV de cada una de las bandejas del separador (CV sup, CV media, CV inf y CV fondo) y CV de la bandeja inferior+fondo (CV inf+ fondo). Se ha hecho esta distinción, la de incluir un CV de la bandeja inferior+fondo, con la intención de que los resultados sean comparables con la bibliografía ya que Oleberg et al. (2014), Oelberg (2011a), Leahy (2013) y Rippel et al. (1998) consideraban estas bandejas conjuntamente porque utilizaban el separador Penn State antiguo que solo utilizaba dos cribas más la bandeja del fondo (ver el apartado 1.3.2 del presente trabajo).

Para ambos modelos los factores son:

a) Clúster

Es el clúster de ración, donde $i=1;2$ o 3 es un factor fijo que se explica a continuación.

Con objeto de tener en cuenta la ración como factor de variación que influye en el tamaño de partícula y en la homogeneidad, se ha realizado una agrupación de

mezclas en clúster, según el tamaño de partícula. Para la agrupación clúster, se ha realizado un análisis de clúster jerárquico mediante el método Ward de varianza mínima entre los elementos de cada clase de la agrupación (clúster) tal como posteriormente se indica.

b) TU:

Es el tipo de carro unifeed, es un factor fijo, donde j=H o V, horizontal y vertical, respectivamente.

Hay 9 horizontales y 24 verticales en las mezclas estudiadas bien representados en cada uno de los clústeres definidos (Tabla 9).

Tabla 9: distribución de frecuencias tipo de carro/clúster				
Tipo de unifeed (TU)	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Suma
Horizontal	6	1	2	9
Vertical	5	7	12	24

c) LL:

Es el porcentaje de llenado del unifeed, es un factor fijo. Inicialmente se valoró en tres categorías (Tabla 10) que finalmente se han agrupado en dos ya que en la primer 25-50% solo había dos mezclas impidiendo que estuviese bien representado para cualquier clúster y tipo de unifeed (tabla 11). Así quedaría el llenado 2: 25-75% y el llenado 3: 75-100%.

Tabla 10: Agrupación realizada con el porcentaje de llenado				
Factor	Valoración	Abreviatura	Frecuencia	Agrupación (indicado en abreviaturas)
Llenado del unifeed	25-50%	1	2	2
	50-75%	2	17	
	75-100%	3	14	3

Tabla 11: Distribución de frecuencias Porcentaje de llenado/clúster y % de llenado/ tipo de carro					
	Clúster			Tipo de unifeed (TU)	
% de llenado (LL)	1	2	3 3	H	V
Llenado2: 25-75%	5	4	10	6	13
Llenado 3: 75-100%	6	4	4	3	11

d) CU(TU):

Es el estado de las cuchillas, es un factor fijo donde l= bien o mal, este factor, está dentro del tipo de unifeed (TU). Se distingue dentro del tipo de carro ya que por la disposición de sus sinfines, la valoración del estado de las cuchillas se hizo de diferente forma según el tipo de unifeed. En los horizontales, se valoraron las del centro y las de los extremos y en los verticales las de arriba y las de abajo. Por ello, se asocia el estado de las cuchillas al tipo de carro para el modelo.

De las categorías evaluadas inicialmente en granja, se agruparon en mal y bien según la tabla 12, atendiendo a las frecuencias que presentaba cada una de ellas

Tabla 12: Agrupación realizada para la valoración de las cuchillas

Factor	Valoración	Abreviatura	Frecuencia	Agrupación
Cuchillas horizontales extremo	Totalmente desgastadas	0	4	Mal
	Bastante desgastadas	1	0	
	Poco desgastadas	2	5	Bien
	Nuevas o como nuevas	3	1	
Cuchillas horizontales centro	Totalmente desgastadas	0	2	Mal
	Bastante desgastadas	1	7	
	Poco desgastadas	2	0	Bien
	Nuevas o como nuevas	3	1	
Cuchillas verticales arriba	Totalmente desgastadas	0	3	Mal
	Bastante desgastadas	1	1	
	Poco desgastadas	2	13	Bien
	Nuevas o como nuevas	3	6	
Cuchillas verticales abajo	Totalmente desgastadas	0	4	Mal
	Bastante desgastadas	1	6	
	Poco desgastadas	2	5	Bien
	Nuevas o como nuevas	3	8	

De las valoraciones de cuchillas realizadas en las dos partes del unifeed en granja, Extremo/centro para los horizontales y Arriba/abajo para los verticales, se agruparon en bien y mal según la tabla 13. El criterio de agrupación son las frecuencias. Los unifeed horizontales con cuchillas bien en el extremo y bien en el centro se han agrupado conjuntamente con los unifeed con cuchillas bien en el extremo y mal en el centro en un nivel que se debería llamar “regular” porque las cuchillas centrales son las que más inciden sobre la mezcla (M.Raluy [Comunicación personal]. 3 de marzo de 2015) pero que por simplificar se ha llamado “bien”. Igualmente, los unifeed verticales con cuchillas mal arriba y bien abajo se han agrupado junto con los unifeed verticales con las cuchillas bien arriba y bien abajo, en el nivel “bien” ya que son las cuchillas de abajo las que más inciden sobre la mezcla

(M.Raluy [Comunicación personal]. 3 de marzo de 2015). De la misma manera, los unifeed verticales con cuchillas mal abajo y mal arriba se han agrupado junto con los verticales con cuchillas bien arriba y mal abajo ya que ambos grupos presentaban las cuchillas en mal estado en la parte inferior, siendo éstas las que más inciden sobre la mezcla (M.Raluy [Comunicación personal]. 3 de marzo de 2015).

Tabla 13: Agrupación realizada para las diferentes partes de valoración en el carro

Tipo de unifeed (TU)	Extremo/arriba	Centro/abajo	Frecuencia	Agrupación
Horizontal	Mal	Mal	4	Mal
	Bien	Mal	5	Bien
	Bien	Bien	1	
Vertical	Bien	Bien	12	Bien
	Mal	Bien	1	
	Bien	Mal	7	Mal
	Mal	Mal	3	

Por tanto la agrupación finalmente queda como se puede ver en la tabla 14

Tabla 14; Frecuencias del estado de las cuchillas tras la agrupación

Tipo de unifeed (TU)	Estado de las cuchillas (CU)	Frecuencia
Horizontal	Mal	4
	Bien	6
Vertical	Bien	13
	Mal	10

e) ORD

Es el orden de mezclado, es decir, el orden en el que se cargan las materias primas al unifeed es un factor fijo donde $m = 1$ o 2 , forraje largo cargado primero y pienso cargado primero, respectivamente. Solo se ha considerado si se cargó primero el pienso o el forraje más largo con elevada presencia (FL), es decir una materia prima con baja densidad (silo de gramínea/gramínea+leguminosa en todas las explotaciones menos en la 7 que se ha considerado el silo de maíz ya que no se utilizaba silo de gramínea/gramínea+leguminosa). Este es el único factor que se considerará para en el modelo de la homogeneidad y no para el modelo del tamaño de partícula, ya que se

entiende que el único motivo para incluirlo en el modelo del tamaño de partícula es que si se carga el forraje largo antes que el pienso este permanece más tiempo en el carro mezclándose, pero esto ya lo recoge el factor “tiempo de mezclado del forraje más largo (TMFL)”. La distribución de frecuencias de este factor se puede ver en la tabla 15.

Tabla 15: Distribución de frecuencias orden/clúster, orden/tipo de unifeed y orden/llenado

	Clúster			Tipo unifeed (TU)		Llenado(LL)	
Orden (ORD)	1	2	3	H	V	2	3
1: FL primero	3	6	8	1	16	11	6
2: Pienso primero	8	2	6	8	8	8	8

f) TM

Es el tiempo de mezclado, es decir, el tiempo que transcurre desde la finalización de la carga del último ingrediente, hasta el inicio de la distribución, se trata de un factor covariable, cuyas características se recogen en la tabla 16.

Tabla 16: Características del factor tiempo de mezclado (TM)

Tiempo de mezclado (TM), en segundos	
Media	1012
Desv típica	543
Máx.	2360
Mín.	90

g) TMFL

Es el tiempo de picado del forraje más largo, es el tiempo que transcurre desde que finaliza la carga del forraje más largo hasta que finaliza la carga del último ingrediente, se trata de un factor covariable. Se entiende como forraje más largo el silo de gramínea/gramínea+leguminosa, a excepción de en una explotación (número 7) en la que se toma como forraje más largo la alfalfa deshidratada ya que no utiliza ensilado de gramínea.

Sus características se recogen en la tabla 17. Se puede ver como el mínimo es cero, ya que en algunas mezclas, se comenzaba a mezclar con todos los ingredientes ya cargados.

Tabla 17: Características del factor tiempo de mezclado del forraje más largo (TMFL)

Tiempo de mezclado del forraje más largo (TMFL), en segundos	
Media	698
Desv típica	675
Máx.	2912
Mín.	0

h) RPM

Son las revoluciones por minuto del sinfín o los sinfines interiores del unifeed, se trata de un factor covariable. Sus características se recogen en la tabla 18.

Tabla 18: Características del factor tiempo de mezclado del forraje más largo (TMFL)

Revoluciones por minuto (RPM)	
Media	16
Desv típica	7
Máx.	32
Mín.	7

3.5.3 Agrupación clúster de raciones

En primer lugar se ha hecho una agrupación de ingredientes por tamaño de partícula previa al análisis clúster, tal como se puede ver en la tabla 19. Los silos de gramínea/gramínea+leguminosa de tamaño medio y largo, según valoración visual se han agrupado conjuntamente como forraje húmedo largo ya que ambos son retenidos por la criba superior casi en su totalidad. La cebadilla, se ha considerado pienso a efectos de tamaño de partícula ya que cae a la bandeja del fondo. La pulpa de naranja y la pulpa de remolacha se han considerado en un grupo aparte ya que son retenidas en la criba inferior.

El análisis clúster se ha realizado según el porcentaje sobre la materia fresca total de la mezcla unifeed de cada uno de los grupos de materias primas utilizadas. Se han utilizado los datos sobre materia fresca y no sobre materia seca porque se está estudiando el aspecto físico de la ración, y porque la ración es cribada con el PSPS, tal y como se le ofrece a la vaca, es decir húmeda.

Tabla 19: agrupación de ingredientes por tamaño de partícula para análisis clúster

Materia prima	Clasificación	Tamaño partícula	Grupo	Sigla
Heno hierba	Forraje seco	Largo	Forraje seco largo	FSL
Alfalfa rama	Forraje seco	Largo	Forraje seco largo	FSL
Heno titarros	Forraje seco	Largo	Forraje seco largo	FSL
Paja	Forraje seco	Largo	Forraje seco largo	FSL
Alfalfa deshidratada	Forraje seco	Medio	Forraje seco Medio	FSM
Silo gramínea/gramín+leg largo	Forraje húmedo	Largo	Forraje húmedo largo	FHL
Silo maíz dulce	Forraje húmedo	largo	Forraje húmedo largo	FHL
Silo gramínea/gramín+leg medio	Forraje húmedo	Largo	Forraje húmedo largo	FHL
Silo gramínea/gramín+leg corto	Forraje húmedo	Corto	Forraje húmedo Corto	FHC
Silo maíz	Forraje húmedo	Corto	Forraje húmedo Corto	FHC
Pulpa remolacha	Materia Prima	Corto	Materia prima corto	MPC
Pulpa naranja deshidratada	Materia Prima	Corto	Materia prima corto	MPC
Pienso	Pienso	Corto	Pienso Corto	PC
Cebadilla	Pienso	Corto	Pienso Corto	PC
Soja	Pienso	Corto	Pienso Corto	PC
Harina maíz	Pienso	Corto	Pienso Corto	PC
DDG maíz	Pienso	Corto	Pienso Corto	PC
Copos maíz	Pienso	Corto	Pienso Corto	PC
Harina Colza	Pienso	Corto	Pienso Corto	PC
Bicarbonato	Pienso	Corto	Pienso Corto	PC
Premezcla	Pienso	Corto	Pienso Corto	PC
Melaza	Pienso	Corto	Pienso Corto	PC
Mezcla seca ¹	Desglosado como = alfalfa deshidratada+ pienso, según la etiqueta del producto			
Pienso robot/DAC	No se ha tenido en cuenta para el análisis estadístico			

1: no se ha tenido en cuenta como tal para el análisis estadístico ya que se ha sumado la parte de pienso de la mezcla seca al pienso y la parte de alfalfa deshidratada a la alfalfa deshidratada, es decir, se ha tenido en cuenta como dos ingredientes individuales

A la hora de determinar el número de clúster en los que han agrupado las raciones se ha dibujado el dendograma (gráfico 1). Se planteó inicialmente una agrupación de 4 clúster, pero se observa que el número de mezclas que quedaba en cada uno de ellos era muy desequilibrado (11,14, 6 y 2) (gráfico 1). Por ello, se ha decidido agrupar las mezclas en 3 clúster con un número de mezclas por clúster más equilibrado (14, 11 y 8) (gráfico 1).

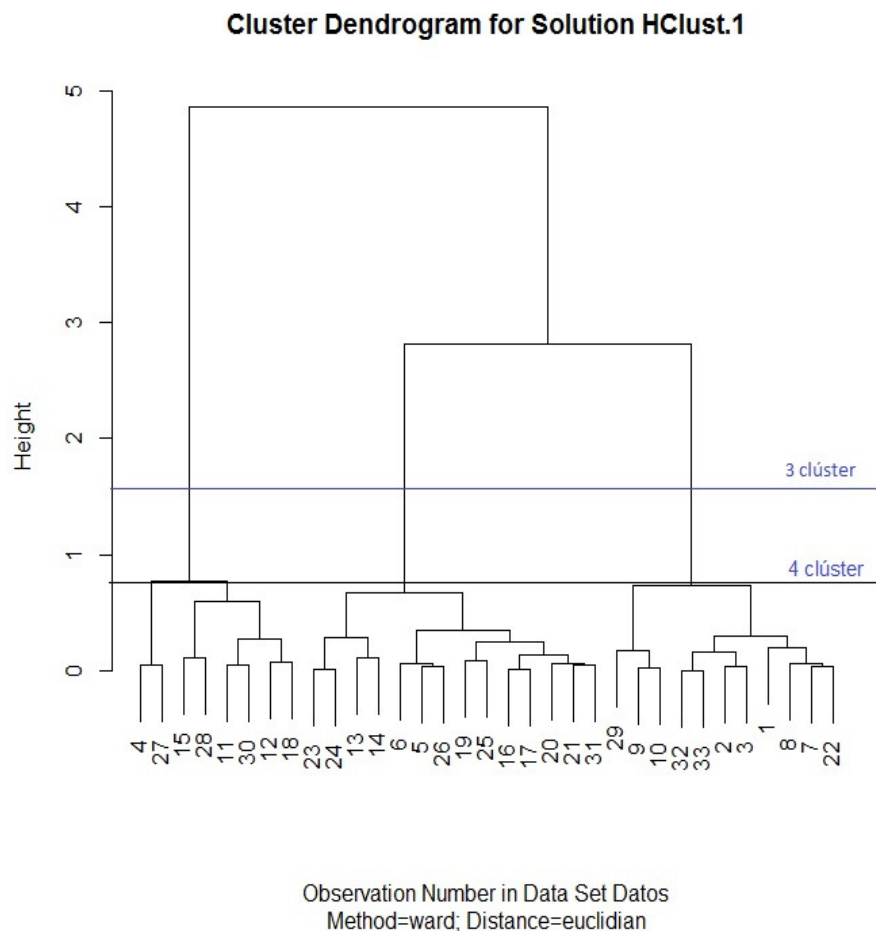


Gráfico 1: Dendrograma de análisis clúster

En la tabla 20, se observa que el único punto común entre todas las mezclas es que todas ellas tenían pienso corto como parte de la ración, con porcentajes que van desde 12 hasta 49%. Las materias primas cortas solo estaban presentes en dos mezclas. En el forraje seco largo, existía un rango variación de 0 a 3% y el forraje seco medio estaba presente únicamente en 7 mezclas con variaciones de 0 a 12%. Por tanto estas materias primas, bien porque estaban presentes en pocas mezclas (MPC y FSM), bien porque su variación no era muy alta (PC), no van a jugar, a priori, un papel muy significativo en la agrupación.

Por el contrario, en el forraje húmedo largo (variaciones de 0 a 80%) o de forraje húmedo corto (variaciones de 0 a 82%) se veían grandes variaciones, por lo que parece indicar que tendrán gran importancia a la hora de realizar la agrupación.

Tabla 20: agrupación de las mezclas en 3 clúster según el % en materia fresca de cada grupo de materias primas

Explot. nº	Nombre de la mezcla	FSL	FHL	FSM	FHC	MPC	PC	Clúster
1	Vacas producción	0%	0%	0%	82%	0%	18%	1
2	Primíparas (Sur)	2%	0%	0%	67%	14%	17%	1
2	Vacas (Norte)	3%	0%	0%	70%	11%	16%	1
6	Vacas producción alta	1%	0%	2%	71%	0%	26%	1
6	Vacas producción baja	1%	0%	2%	67%	0%	29%	1
7	Primera mezcla	3%	0%	12%	54%	0%	31%	1
7	Segunda mezcla	2%	0%	12%	56%	0%	30%	1
16	Vacas producción	0%	0%	0%	72%	0%	28%	1
23	Vacas producción	1%	0%	5%	52%	0%	42%	1
26	Carro 2	1%	0%	0%	71%	6%	22%	1
26	Carro 3	1%	0%	0%	71%	6%	22%	1
3	Vacas producción	5%	77%	0%	0%	0%	18%	2
8	Vacas producción	0%	54%	0%	27%	0%	19%	2
9	Vacas producción	2%	51%	0%	17%	0%	29%	2
11	Vacas producción	0%	53%	7%	0%	0%	41%	2
13	Vacas producción	2%	56%	0%	12%	0%	30%	2
21	Vacas producción	1%	80%	0%	0%	0%	19%	2
22	Vacas producción	0%	47%	4%	0%	0%	49%	2
24	Vacas producción	0%	51%	4%	26%	0%	19%	2
4	Vacas producción	3%	38%	0%	41%	0%	18%	3
5	Vacas producción	5%	39%	0%	36%	0%	20%	3
10	Vacas producción baja	3%	14%	0%	64%	0%	18%	3
10	Vacas producción alta	5%	14%	0%	56%	0%	25%	3
12	Vacas pro. carro 1	3%	29%	0%	45%	0%	23%	3
12	Vacas pro. Carro 2	3%	29%	0%	45%	0%	23%	3
14	vacas producción	1%	28%	0%	42%	0%	30%	3
15	Vacas producción baja	0%	34%	0%	50%	0%	16%	3
15	Vacas producción alta	0%	32%	0%	47%	0%	21%	3
17	Vacas producción alta	4%	28%	0%	57%	0%	12%	3
17	Vacas producción baja	4%	27%	0%	56%	0%	13%	3
18	Vacas producción	0%	22%	6%	42%	0%	30%	3
20	Vacas producción	0%	39%	0%	40%	0%	20%	3
25	Vacas producción	0%	30%	0%	50%	0%	20%	3

En la tabla 21 se puede observar lo que ya se anticipaba previamente. Son el FHC y el FHL los que presentan diferencias significativas entre los clúster. También se observan diferencias en el ingrediente MPC.

Por tanto la agrupación clúster queda así:

-Clúster 1: su característica principal es la predominancia de forrajes húmedos cortos (66,68%) unidos a proporciones medias de PC (25,49%). Una de las características más reseñables de las mezclas de este clúster es que utilizan silo de

raigrás cogido con picadora y silo de maíz, ambos clasificados como FHC, de ahí la elevada proporción de este grupo de materias primas en este clúster.

-Clúster 2: su característica principal es la predominancia de forrajes húmedos largos (58,66%), con una baja presencia de FHC (10,19%) unidos a proporciones altas de PC (28,06%). 6 de las mezclas de este clúster utilizan silo de maíz dulce y/o ensilado de hierba en bolas (de ahí la elevada proporción de FHL), algunas de ellas utilizan maíz forrajero.

-Clúster 3: es un clúster que podríamos denominar como intermedio, en el que hay una elevada proporción de FHC (47,88%), con unos niveles medios de FHL (28,8%) y una baja cantidad de PC (20,73%). En este clúster están recogidas 9 de las 12 mezclas estudiadas que utilizan alimentación disociada, de ahí que la proporción de PC sea baja. Todas las explotaciones de este clúster utilizan silo de maíz forrajero y silo se raigrás recogido bien en bolas o bien con autocargador, de ahí las proporciones de FHC y FHL, respectivamente.

Tabla 21: Separación de medias para agrupación en 3 clúster (letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas para $p < 0,05$)

Grupo de materias primas	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3
Nº de mezclas	11	8	14
FSL	1,44%	1,34%	2,17%
FHL	0,00%a	58,66%b	28,80%c
FSM	3,03%	1,75%	0,43%
FHC	66,68%a	10,19%b	47,88%c
MPC	3,36%a	0,00%ab	0,00%b
PC	25,49%	28,06%	20,73%

3.5.4 Factores no considerados en el modelo:

Los factores Tipo de recolección (TR) y valoración visual del tamaño de partícula del silo de gramínea/gramínea+leguminosa (TPG) ya que están confundidos con el factor clúster.

Tal como se puede ver en la tabla 22, TR y TPG son dos factores que están confundidos, es decir, están midiendo algo similar. Esto sucede porque con la picadora

se obtienen tamaños de partícula de silo cortos, con el autocargador medios-largos y con las bolas largas.

Tabla 22: Distribución de frecuencias del tipo de recolección

Tipo de recolección (TR)	Clúster			TU		TPG			LL	
	1	2	3	H	V	Corto	Medio	Largo	2	3
Autocargador	0	2	8	1	9	0	2	8	6	4
Bolas	0	5	5	0	10	0	9	1	7	3
Picadora	9	1	1	6	5	9	0	2	4	7

Asimismo, tal como vemos en las tablas 22 y 23, TPG y TR, no están representados en todos los clúster, ya que estos clúster dependen del tamaño de partícula de las materias primas utilizadas en la ración.

Tabla 23: Distribución de frecuencias del tipo de recolección

Tamaño de partícula del silo (TPG)	Clúster			TU		TR			LL	
	1	2	3	H	V	Autocargador	Bolas	Picadora	2	3
Corto	9	0	0	4	5	0	0	9	3	6
Medio	0	3	8	3	8	2	9	0	6	5
Largo	0	5	6	0	11	8	1	2	8	3

Además, se puede ver como ningún silo de tamaño largo se mezcla con unifeed horizontales, lógico ya que los carros horizontales necesitan un procesado previo del forraje (Calsamiglia, 2015b).

No se tiene el dato del tipo de recolección y el tamaño de partícula para la explotación número 7, ya que no utiliza ensilado de gramínea/gramínea+leguminosa. Esta explotación sí que queda recogida en los clúster, quedando así recogidas las características de valoración física de la ración aunque no se tengan los datos de TR y TPG.

Por todo ello, se decide dejar los factores TR y TPG fuera del modelo ya que se considera que están representados en el factor clúster.

4. Resultados y discusión

4.1 Tamaño de partícula y homogeneidad de las mezclas unifeed

4.1.1. Comparación del tamaño de partícula con la recomendación Penn State (2013)

En la tabla 24 se muestran los resultados del análisis del tamaño de partícula de todas las explotaciones muestreadas. En verde se muestran aquellos porcentajes que cumplen con la recomendación dada por Penn State (2013). Los resultados corresponden a las mezclas corregidas por el pienso suministrado mediante Dispositivos de distribución automática (DAC) o en el robot de ordeño (cuando los hay), es decir sumándole esa cantidad.

Se puede ver que únicamente la explotación 23 (3,7% del total) de todas las muestreadas cumple con la recomendación Penn State (2013). Bien es cierto que un 22% se sitúan muy cerca de esta recomendación (explotaciones: 6, lote baja, 2, 10, 18, 24 y 26) con desviaciones no superiores al 10% con respecto a la recomendación en alguna de las bandejas.

Se observa que un 52% de las explotaciones (explotaciones: 3, 4, 5, 8, 11, 12, 14, 15, 17, 19, 20, 21 y 25) no cumplen la recomendación porque la fracción retenida en la criba superior es muy alta, mayor al 30%. Esto tiene consecuencias sobre las vacas e implicaciones productivas. Aunque a priori pudiera parecer que la ración tiene suficiente fibra y por lo tanto aseguramos una correcta rumia, nada más lejos de la realidad. Esta gran fracción en la criba superior facilita la selección, haciendo que en determinados momentos del día la vaca consuma la mayor parte del concentrado y termine ingiriendo las fibras más largas al final del día. Esto genera acidosis en esos momentos en los que la vaca ingiere el concentrado (A. González, [Comunicación personal]. 21 de abril de 2015), situando el pH ruminal en determinados momentos del día demasiado bajo. Este fenómeno se acentúa si la vaca acude al DAC o al robot en ese momento ya que el pico de concentrado se convierte en aún mayor. Este pH reducido, genera alteraciones en la metabolización de las grasas a nivel ruminal, ya que da lugar a una biohidrogenación alternativa de los lípidos en el rumen, generando un flujo de metabolitos intermedios como el Ácido linolénico conjugado (CLA) al duodeno, siendo este un potente inhibidor de la síntesis de grasa (Calsamiglia, 2015a y

Ávila, 2015). Además, cortos periodos de presencia de CLA dan lugar a fuertes depresiones del porcentaje de grasa en leche (C. Martín, [Comunicación personal]. 12 de mayo de 2015). Otra consecuencia importante de estas raciones con un gran porcentaje en la criba superior es que el consumo o ingesta de la vaca se resiente, con las implicaciones productivas que eso pudiera conllevar (Rene, 2009).

Tabla 24: Tamaño de partícula de las granjas muestreadas corregido con robot/DAC, entre paréntesis se muestra la recomendación Penn State (2013), en verde las que la cumplen.

Explotación nº	Nombre de la mezcla	Criba superior (2-8%)	Criba media (30-50%)	Criba inferior (10-20%)	Bandeja fondo corregido (30-40%)
1	Vacas producción	39%	27%	11%	23%
2	Primíparas (Sur)	10%	45%	16%	29%
2	Vacas (Norte)	9%	45%	15%	30%
3	Vacas producción	41%	16%	11%	32%
4	Vacas producción	35%	25%	11%	29%
5	Vacas producción	36%	18%	12%	34%
6	Vacas producción alta	22%	34%	12%	32%
6	Vacas producción baja	16%	36%	13%	34%
7	Primera mezcla	7%	27%	14%	52%
7	Segunda mezcla	7%	26%	16%	51%
8	Vacas producción	45%	19%	9%	27%
9	Vacas producción	24%	26%	15%	36%
10	Vacas producción alta	19%	30%	16%	36%
10	Vacas producción baja	17%	37%	18%	28%
11	Vacas producción	44%	7%	9%	39%
12	Vacas prod. carro 1	34%	31%	9%	27%
12	Vacas prod. Carro 2	36%	30%	8%	26%
13	Vacas producción	23%	26%	15%	36%
14	vacas producción	37%	26%	11%	26%
15	Vacas producción alta	34%	30%	7%	28%
15	Vacas producción baja	39%	34%	7%	20%
16	Vacas producción	21%	37%	14%	28%
17	Vacas producción baja	32%	29%	10%	29%
17	Vacas producción alta	34%	27%	10%	29%
18	Vacas producción	14%	31%	14%	41%
19	Vacas producción alta	34%	17%	14%	35%
19	Vacas producción baja	29%	20%	15%	36%
20	Vacas producción	31%	27%	15%	28%
21	Vacas producción	41%	22%	13%	24%
22	Vacas producción	21%	16%	13%	49%
23	Vacas producción	6%	44%	15%	35%
24	Vacas producción	18%	35%	23%	24%
25	Vacas producción	32%	27%	14%	28%
26	Carro 2	12%	43%	19%	25%
26	Carro 3	11%	45%	20%	24%
27	Vacas producción	24%	33%	24%	18%
Media		26%	29%	14%	31%
Desviación típica		12%	9%	4%	8%
%CV		46%	31%	30%	25%

Estas consecuencias se ven acentuadas en las explotaciones 8, 3, 11 y 21, que hacen casi un 15% del total, en las que la fracción de la criba superior supone más del 40%, y en la inferior encontramos valores que van del 24 al 39%, lo que hace que la selección pueda suponer un grave problema, ya que encontramos muy poca proporción en las dos bandejas intermedias, valores que arrancan en un 16%, y que distan mucho de la recomendación del 60% en las dos bandejas intermedias dada por A. González ([Comunicación personal]. 21 de abril de 2015). Cabe decir, que estas explotaciones, están situadas en la zona de Baztan y que todas ellas utilizan ensilado de hierba largo, sin picar y algunas de ellas utilizan maíz dulce, es decir, materias primas en la ración con un tamaño de partícula muy largo.

En el otro extremo, es decir, en las explotaciones que tienen un elevado porcentaje en la criba inferior y por tanto poca fibra efectiva (Penn State, 2013) se encuentran dos explotaciones, la 7 y la 22 en las que el porcentaje en la inferior suponen un 51% y un 49%, respectivamente. Como posible causa podríamos apuntar que en la explotación 7 se utiliza una ración sin forrajes largos, únicamente compuesta por silo de maíz forrajero, alfalfa deshidratada y una gran cantidad de concentrado (14,4kg/vaca día). La consecuencia clara de esto es una reducción de la rumia de la vaca, generando acidosis y afectando a la síntesis de grasa por exactamente el mismo proceso descrito para las raciones de partícula excesivamente larga. No obstante, en la mayor parte de las explotaciones (55%), la proporción de la criba inferior se sitúa por debajo de la recomendación (con valores en la mayoría de los casos cercanos a la recomendación ya que van del 23 al 29% en la mayoría de las explotaciones), lo que sugiere que hay margen para un mayor picado cara a reducir la criba superior.

Finalmente existe un grupo de explotaciones (un 23%) que podríamos situarlas en un rango intermedio, es el caso de las explotaciones 6, lote alta, 9 y 13.

Como excepción señalar la explotación 23 que tiene un porcentaje alto en la criba inferior, fruto de que el pienso es granulado.

Respecto a la media de las explotaciones muestreadas, se observa que hay una fracción alta en la criba superior (26%). Cara al futuro, las líneas de mejora irían encaminada a intentar bajar la proporción de la criba superior a la criba media acercándose así a la recomendación Penn State (2013). Además, no hay peligro de sobrecargar la bandeja del fondo, ya que en la mayor parte de los casos existe un margen importante hasta llegar al máximo en esta última. El menor coeficiente de variación entre granjas se da en la criba inferior, ya que en la proporción de

concentrados de la mezcla unifeed, que es lo que principalmente cae a la criba inferior, es en lo que más se asemejan las granjas.

4.1.2. Tamaño de partícula de las mezclas unifeed analizadas

La diferencia de la tabla 24 con la tabla 25 es que en ésta última los porcentajes no se encuentran corregidos con el pienso del robot/DAC.

Tabla 25: Tamaño de partícula de las granjas muestreadas sin corregir con robot/DAC, entre paréntesis se muestra la recomendación Penn State (2013), en verde las que la cumplen.

Expl. nº	Nombre de la mezcla	Criba superior (2-8%)	Criba media (30-50%)	Criba inferior (10-20%)	Bandeja fondo sin corregir (30-40%)	DAC/Robot y kg/vaca de pienso
1	Vacas producción	39%	27%	11%	23%	Robot: 5,94 Robot :6,39 Robot: 5,50 Robot:5,51
2	Primíparas (Sur)	11%	52%	18%	19%	
2	Vacas (Norte)	11%	52%	17%	21%	
3	Vacas producción	47%	18%	12%	23%	
4	Vacas producción	38%	28%	12%	22%	DAC: 2,50
5	Vacas producción	38%	19%	12%	31%	
6	Vacas producción alta	22%	34%	12%	32%	
6	Vacas producción baja	16%	36%	13%	34%	
7	Primera mezcla	7%	27%	14%	52%	
7	Segunda mezcla	7%	26%	16%	51%	
8	Vacas producción	45%	19%	9%	27%	
9	Vacas producción	24%	26%	15%	36%	
10	Vacas producción alta	19%	30%	16%	36%	
10	Vacas producción baja	17%	37%	18%	28%	
11	Vacas producción	44%	7%	9%	39%	
12	Vacas prod. carro 1	37%	34%	10%	19%	
12	Vacas prod. Carro 2	40%	33%	9%	18%	Robot: 5,50 Robot: 5,50
13	Vacas producción	23%	26%	15%	36%	Robot: 5,34
14	vacas producción	42%	29%	12%	17%	
15	Vacas producción alta	34%	30%	7%	28%	
15	Vacas producción baja	39%	34%	7%	20%	
16	Vacas producción	21%	37%	14%	28%	Robot: 5,51 Robot: 5,51
17	Vacas producción baja	36%	33%	11%	20%	
17	Vacas producción alta	39%	31%	11%	20%	
18	Vacas producción	14%	31%	14%	41%	
19	Vacas producción alta	34%	17%	14%	35%	DAC: 2,50
19	Vacas producción baja	29%	20%	15%	36%	
20	Vacas producción	32%	28%	16%	24%	
21	Vacas producción	41%	22%	13%	24%	
22	Vacas producción	21%	16%	13%	49%	DAC: 2
23	Vacas producción	6%	44%	15%	35%	
24	Vacas producción	18%	35%	23%	24%	
25	Vacas producción	33%	28%	15%	25%	
26	Carro 2	12%	43%	19%	25%	
26	Carro 3	11%	45%	20%	24%	
27	Vacas producción	24%	33%	24%	18%	
Media		27%	30%	14%	29%	
Desviación típica		13%	10%	4%	9%	
%CV		47%	32%	28%	33%	

Nuevamente, tenemos, solo la explotación 23 que cumple la recomendación. Sin embargo, de ese 22% de explotaciones que se situaban cerca de la recomendación en la tabla 24 se cae la explotación 2 en el lote de primíparas porque se aleja más de un 10% en la criba inferior con respecto a la recomendación (tabla 25).

El grupo en el que se situaban las explotaciones con más de un 30% en la criba superior se mantiene con las mismas explotaciones pero las explotaciones con robot/DAC se alejan más de la recomendación tanto en la criba superior, como en la bandeja del fondo.

En las explotaciones que utilizan alimentación disociada, es decir, que parte del concentrado se suministra en el robot/DAC, la ración suministrada en el carro unifeed tiene una proporción menor de concentrado. Esto hace que aumente el porcentaje de las cribas superior media e inferior y se reduzca el de la bandeja del fondo. Traducido a las explotaciones muestreadas, lo que sucede es que la proporción de la criba superior ronda el 40% (explotaciones 3,4,12,14 y 17) si no se corrige con el pienso suministrado en el robot. Esto da lugar a la selección de la que se hablaba en el apartado anterior, y por tanto a la aparición de acidosis por la ingesta del concentrado en determinados momentos del día. Además, el hecho de que parte del concentrado vaya en el robot/DAC acentúa esta aparición de acidosis, ya que puede haber momentos del día en los que la vaca además de ingerir el pienso seleccionado del pesebre, ingiera seguidamente solo pienso en el robot o en el DAC. En el caso del robot este fenómeno es aún más claro que en el caso del DAC; ya que mientras la vaca visita el DAC numerosas veces al día, el robot lo visita como mucho unas 5 veces al día, pero entre 2,5 y 3,4 veces de media, lo que hace que esos picos de ingesta de pienso sean más acusados porque se suministra más pienso y en menos veces que en el DAC. En las explotaciones muestreadas, además, se daba más pienso disociado en las explotaciones con robot que en las explotaciones con DAC (5,49 de media contra 2,33).

Llegados a este punto, se debe puntualizar, que utilizando un sistema de alimentación disociada, es difícil alcanzar esa recomendación dada por Penn State (2013). Dadas las consecuencias que tiene sobre la vaca no llegar a esa recomendación, pero más aún, suministrar parte del concentrado de forma disociada, habría que hacer un balance de la conveniencia o no de usar, ya no el robot de ordeño en el que entran en juego otros aspectos además de la alimentación, pero si los DAC. En cualquier caso este aspecto se sale de los objetivos de este trabajo.

4.1.3. Cuantificación de la homogeneidad

En la tabla 26 se muestra el coeficiente de variación para cada grupo de 10 muestras tomadas de cada mezcla en cada granja. Estas muestras se tomaron a lo largo del pesebre y fueron cribadas con el PSPS, calculando después el %CV en cada criba (superior, media, inferior y fondo).

Tabla 26: Homogeneidad de las raciones expresada en coeficiente de variación de cada bandeja, en rojo motivo de preocupación, en amarillo necesita mejorarse y en verde deseable según Rippel et al. (1998)

Explotación nº	Nombre de la mezcla	%CV criba superior	% CV criba media	%CV inferior+fondo	%CV criba inferior	%CV bandeja fondo
1	Vacas producción	7,9	7,9	3,3	3,9	3,8
2	Primíparas (Sur)	16,8	10,9	12,6	7,4	17,7
2	Vacas (Norte)	30,3	11,8	10,8	5,5	16,1
3	Vacas producción	4,3	7,7	3,3	5,1	3,6
4	Vacas producción	6,1	5,7	2,9	5,2	3,5
5	Vacas producción	12,7	13,8	6,0	6,1	7,7
6	Vacas producción alta	13,7	6,5	5,1	4,2	6,4
6	Vacas producción baja	13,0	4,4	2,9	3,6	3,0
7	Primera mezcla	14,9	2,6	2,1	4,6	1,9
7	Segunda mezcla	11,6	2,8	1,6	4,1	1,6
8	Vacas producción	12,4	17,5	6,7	7,8	6,8
9	Vacas producción	12,5	11,5	7,5	5,4	12,3
10	Vacas producción alta	8,3	3,1	3,5	7,3	2,8
10	Vacas producción baja	13,9	4,9	6,0	6,8	6,5
11	Vacas producción	9,2	15,9	7,1	11,1	7,4
12	Vacas prod. carro 1	10,8	8,1	6,0	10,4	5,0
12	Vacas prod. Carro 2	12,4	10,4	7,1	10,1	7,2
13	Vacas producción	9,3	5,5	2,1	4,0	2,5
14	vacas producción	6,5	5,0	5,0	5,3	6,1
15	Vacas producción alta	18,3	10,3	16,7	6,1	19,9
15	Vacas producción baja	15,8	9,2	14,5	9,9	15,7
16	Vacas producción	11,8	5,9	3,0	3,8	3,6
17	Vacas producción baja	10,3	9,5	2,8	4,8	7,6
17	Vacas producción alta	8,2	6,9	5,0	6,9	3,3
18	Vacas producción	14,5	5,5	2,5	4,8	3,8
19	Vacas producción alta	10,2	23,7	5,7	20,1	14,7
19	Vacas producción baja	19,1	18,0	7,0	13,7	10,3
20	Vacas producción	27,7	49,8	23,8	7,4	35,1
21	Vacas producción	10,8	15,4	4,9	8,2	5,2
22	Vacas producción	19,2	7,4	5,0	4,6	5,5
23	Vacas producción	16,3	3,8	3,7	5,0	5,7
24	Vacas producción	21,5	9,9	3,4	6,2	4,9
25	Vacas producción	22,1	14,4	9,0	7,6	11,6
26	Carro 2	41,2	6,7	7,4	6,3	8,7
26	Carro 3	22,9	14,3	13,4	5,0	20,0
27	Vacas producción	7,8	4,7	2,4	3,8	4,6
Media		14,6	10,3	6,4	6,7	8,4
Máx.		41,2	49,8	23,8	20,1	35,1
Mín.		4,3	2,6	1,6	3,6	1,6

Las recomendaciones dadas por Oleberg et al. (2014), Oleberg (2011a) y Leahy (2013) solo las cumplen un 22% de las mezclas en alguna de sus bandejas (explotaciones: 4, 6 lote baja, 7, 133, 16, 17 y 18), pero en ningún caso se cumplen en todas las bandejas (tabla 27). Sin embargo, sí que se adecúan más a las recomendaciones dadas por Rippel et al. (1998). No obstante, estas recomendaciones tienen su origen en Behnke (1996) y se repiten en Behnke (2005) con una ligera variación en el límite considerado preocupante, que lo eleva al 25%. Estas recomendaciones dadas por Behnke (1996) y Behnke (2005) son para resultados con otros métodos de medida de la homogeneidad (análisis físico químico, partículas de hierro coloreadas en la mezcla y test con tiras Quantab®).

A pesar de ello, Rippel et al. (1998) utilizan las tolerancias de la tabla 27 para valorar la homogeneidad con el PSPS, por ello se van a utilizar también en este trabajo para discutir los resultados

Todos los autores de la tabla 27 utilizaron el separador de dos cribas de Penn State (1996) de ahí que la criba inferior y la del fondo vayan juntas.

Tabla 27: Tolerancias de %CV de diferentes autores (Fuente: elaboración propia a partir de bibliografía)

Autor	%CV máximo recomendado	Cribas del separador para la recomendación
Oleberg et al., 2014	<2%	-Media -Inferior+bandeja fondo
Oelberg, 2011a	<3%	-Media -Inferior+bandeja fondo
Leahy, 2013	<3%	-Media -Inferior+bandeja fondo
Rippel et al., 1998	Deseable <10%	-Superior -Media -Inferior+bandeja fondo
	Necesita mejorarse: 10-20%	
	Preocupante: >20%	

Casi un 19,4% de las mezclas tienen un CV deseable en la criba superior, media e inferior+fondo. Este dato es importante dado que es muy importante proporcionar a las vacas una ración homogénea a lo largo del pesebre (Gil, 2010), para evitar desequilibrios en el rebaño.

Un 5,5% de las mezclas tienen un CV que necesita mejorar en las bandejas analizadas, son las explotaciones: 2 (lote primíparas), y 15. En el caso de la explotación 2, en el lote de vacas, encontramos un CV muy alto en la criba superior,

dato al que no se le debe dar demasiada importancia ya que en esa bandeja hay poca proporción de mezcla lo que hace que el CV suba de forma artificial (Oelberg et al., 2014).

En el extremo negativo, solo hay una mezcla, la de la explotación número 20, que presenta un coeficiente de variación preocupante en todas sus bandejas, que ya no es solamente que sea mayor del 20%, y que presente un importante porcentaje de la ración en esa bandeja (Tabla 25), sino que además en una de las bandejas alcanza el 49,8%.

Por último, se observan una serie de mezclas que se sitúan en unos niveles que se podrían denominar como intermedios. Un 58,3% de las mezclas tienen un CV que necesita mejorarse en al menos una de las bandejas analizadas. Decir, que 8 de ellas se sitúan muy próximas al nivel deseable, con una desviación no superior al 3% respecto a lo deseable, es el caso de las explotaciones 6 (lote baja), 7 (segunda mezcla) 8, 9, 10 (lote baja), 12, 16 y 17(lote baja). Algunas de las mezclas (explotaciones 6, 7, 10, 12, 22, 23, 15, 16 y 17) presentan ese valor de CV alto solo en la criba superior y dos de estas (7 y 23), tienen una proporción muy baja en la criba superior (inferior al 8%), en las que habría que plantearse si realmente ese CV que a priori necesita mejorarse, es alto únicamente por la reducida proporción de la criba superior tal como proponen Oelberg et al. (2014).

Un 19,44% de las explotaciones presentan un nivel de CV preocupante en al menos una de las bandejas.

Se puede concluir por tanto que cara al futuro existe trabajo por hacer en el ámbito de la mejora de la homogeneidad, siendo en algunas explotaciones más sencillo que en otras, por situarse más próximas a los niveles deseables. Es importante a la hora de plantear esas posibles mejoras al ganadero, analizar individualmente si esos altos coeficientes de variación se están dando en cribas con poca proporción retenida, en cuyo caso no se debería tomar en consideración este coeficiente, tal como plantean Oelberg et al. (2014).

4.2. Principales factores de variación que afectan a la homogeneidad y al tamaño de partícula

En la tabla 28 se enumeran algunos de los factores controlados en granja que se ha considerado que pueden afectar al tamaño de partícula y su homogeneidad. Estos factores se han clasificado como de difícil variación a corto plazo, ya que suponen en algunos casos una importante inversión económica (tipo de recolección del silo de gramínea/gramínea+leguminosa y el tipo de unifeed) o un cambio en el manejo de la explotación (es el caso del porcentaje de llenado).

Tabla 28: Factores que afectan a la homogeneidad y al tamaño de partícula de difícil variación a corto plazo por el ganadero

Expl. nº	Nombre de la mezcla	Ración ¹	Llenado ²	Tamaño partícula silo ³	Recolección Silo ⁴	Tipo de unifeed
1	Vacas producción	1	50-75%	Corto	Picadora	Vertical
2	Primíparas (Sur)	1	75-100%	Corto	Picadora	Horizontal
2	Vacas (Norte)	1	75-100%	Corto	Picadora	Horizontal
3	Vacas producción	2	50-75%	Largo	Bolas	Vertical
4	Vacas producción	3	25-50%	Medio	Autocargador	Vertical
5	Vacas producción	3	50-75%	Largo	bolas	Vertical
6	Vacas producción alta	1	75-100%	Corto	Picadora	Vertical
6	Vacas producción baja	1	75-100%	Corto	Picadora	Vertical
7	Primera mezcla	1	50-75%			Horizontal
7	Segunda mezcla	1	50-75%			Horizontal
8	Vacas producción	2	75-100%	Largo	Autocargador	Vertical
9	Vacas producción	2	75-100%	Largo	Bolas	Vertical
10	Vacas producción alta	3	50-75%	Largo	Bolas	Vertical
10	Vacas producción baja	3	50-75%	Largo	Bolas	Vertical
11	Vacas producción	2	50-75%	Largo	Bolas	Vertical
12	Vacas prod. carro 1	3	75-100%	Medio	Autocargador	Vertical
12	Vacas prod. Carro 2	3	75-100%	Medio	Autocargador	Vertical
13	Vacas producción	2	75-100%	Medio	Autocargador	Vertical
14	vacas producción	3	50-75%	Medio	Autocargador	Horizontal
15	Vacas producción alta	3	75-100%	Largo	Bolas	Vertical
15	Vacas producción baja	3	50-75%	Largo	Bolas	Vertical
16	Vacas producción	1	75-100%	Corto	Picadora	Vertical
17	Vacas producción baja	3	50-75%	Medio	Autocargador	Vertical
17	Vacas producción alta	3	50-75%	Medio	Autocargador	Vertical
18	Vacas producción	3	75-100%	Medio	Picadora	Horizontal
19	Vacas producción alta		75-100%	Medio	Autocargador	Horizontal de palas
19	Vacas producción baja		75-100%	Medio	Autocargador	Horizontal de palas
20	Vacas producción	3	50-75%	Medio	Autocargador	Vertical
21	Vacas producción	2	75-100%	Medio	Bolas	Vertical
22	Vacas producción	2	25-50%	Medio	Autocargador /picadora	Horizontal

Tabla 28: Factores que afectan a la homogeneidad y al tamaño de partícula de difícil variación a corto plazo por el ganadero

Expl. n°	Nombre de la mezcla	Ración ¹	Llenado ²	Tamaño partícula silo ³	Recolección Silo ⁴	Tipo de unifeed
23	Vacas producción	1	75-100%	Corto	Picadora	Vertical
24	Vacas producción	2	50-75%	Largo	Bolas	Vertical
25	Vacas producción	3	50-75%	Largo	Autocargador	Vertical
26	Carro 2	1	50-75%	Corto	Picadora	Horizontal
26	Carro 3	1	50-75%	Corto	Picadora	Horizontal
27	Vacas producción		50-75%	Medio	Picadora	Vertical

¹: Es el tipo de ración según el clúster de agrupación.

²: Valoración visual de llenado del unifeed

³: Tamaño de partícula del silo de gramínea/gramínea+leguminosa

⁴: Recolección del silo de gramínea/gramínea+ leguminosa

En la Tabla 29 se recoge un resumen de la tabla 28, en el que se puede observar que un 50% de las explotaciones tiene un nivel de carga del carro del 50-75%, mientras que un 44% carga más el carro, entre un 75 y un 100%. Hulsén et al. (2014) recomiendan un porcentaje de llenado entre el 50 y el 90%, que vemos que algunas de las explotaciones analizadas no cumplen. Silva-del-Río (2011) da un valor de llenado de entre el 50 y el 90%, y Kammel (1998) prácticamente coincide dando un valor de llenado de 60-90%. Bajo este último criterio sólo habría dos explotaciones que no cumplen, la 2 y la 22. No obstante, Calsamiglia (2005) es más estricto y da un valor de llenado del 60-75% del carro, y según este criterio sólo cumpliría un 50% de las explotaciones. En cualquier caso, independientemente de la fuente, ninguna aconseja un valor superior al 90%, y es que niveles altos de llenado del carro, van, a priori, en detrimento de la calidad de la mezcla. Por ello, en las explotaciones en las que se da esta circunstancia habría que plantear hacer más mezclas al día o adquirir un carro de mayor capacidad.

En cuanto al tamaño de partícula del silo de gramínea o gramínea y leguminosa vemos que va estrechamente relacionado con el tipo de recolección. Lo habitual es que el tamaño largo sea recolectado con bolas o con autocargador, el tamaño medio sea recolectado con autocargador y el corto con picadora. No obstante, en la tabla 29 observamos que esta relación tiende a darse pero no se cumple estrictamente. La razón podría ser que a las picadoras se pueden regular para conseguir un tamaño de partícula más largo, y en los autocargadores varía mucho el

tamaño de partícula ya que depende de si van equipados o no con picador y del estado de sus cuchillas.

Tabla 29: resumen de frecuencias para cada uno de los factores analizados

Factor	Valoración	Frecuencia	%sobre el total de mezclas
Llenado del unifeed	25-50%	2	6%
	50-75%	18	50%
	75-100%	16	44%
Tamaño silo gr/gr+legum	Corto	9	26%
	Medio	14	41%
	Largo	11	32%
Recolección silo gr/gr+leg	Bolas	10	29%
	Picadora	12	35%
	Autocargador	12	35%
Unifeed	Horizontal	11	31%
	Vertical	25	69%

Por lo que respecta al tipo de carro, la mayoría (69% de las mezclas) son carros verticales, aspecto que es lógico ya que en muchas explotaciones se utilizan bolas para los que son más adecuados que los horizontales (Calsamiglia, 2015b) y (M.Raluy [Comunicación personal]. 3 de marzo de 2015). El carro de la explotación 19 es el único horizontal de palas, por ello se dejará fuera para el análisis estadístico. Todos los carros horizontales se encuentran en explotaciones en los que el forraje es recogido con autocargador o con picadora, es decir que se ha procesado previamente, aspecto importante para evitar atascos (Calsamiglia, 2015b) y (M.Raluy [Comunicación personal]. 3 de marzo de 2015). No obstante un 33% de explotaciones utilizan carros verticales y recolectan el forraje con autocargador o picadora, es decir, está procesado. En éstas quizá habría que plantearse una transición a carros horizontales ya que proporcionan una mezcla más homogénea y una molienda más fina (Gil, 2010). Este aspecto puede ser importante en las explotaciones en las que se ha encontrado más de un 30% de la ración en la criba superior (un 52% de las explotaciones)

En la tabla 30 se pueden observar los factores sobre los que el ganadero puede actuar fácilmente, son factores que bien suponen un cambio en el anejo (como estar más tiempo mezclando, o variar el orden de carga) o bien un mantenimiento y uso del carro (como un cambio de cuchillas, estar más tiempo mezclando o hacerlo a más o menos revoluciones).

Tabla 30: factores de manejo y mantenimiento del carro, de fácil variación a corto plazo por el ganadero

Expl. nº	Nombre de la mezcla	Orden	Tiempo de mezcla tras finalizar la carga (s)	Tiempo de mezclado del forraje más largo hasta fin de carga (s)	RPM sinfín	Cuchillas extremo ¹	Cuchillas centro ¹	Cuchillas arriba ²	Cuchillas abajo ²
1	Vacas producción	Forraje Largo primero	1397	216	12,0			2	3
2	Primíparas (Sur)	Pienso primero	1480	394	6,5	0	1		
2	Vacas (Norte)	Pienso primero	1430	417	6,5	0	1		
3	Vacas producción	Forraje Largo primero	2360	560	14,0			0	0
4	Vacas producción	Pienso primero	365	224	28,5			3	3
5	Vacas producción	Pienso primero	960	1643	18,0			0	1
6	Vacas producción alta	Pienso primero	1080	0	8,0			3	3
6	Vacas producción baja	Forraje Largo primero	840	617	8,0			3	3
7	Primera mezcla	Pienso primero	501	103	12,0	2	1		
7	Segunda mezcla	Forraje largo primero	474	470	12,0	2	1		
8	Vacas producción	Forraje largo primero	840	563	12,0			3	3
9	Vacas producción	Forraje Largo primero	1305	2912	21,0			3	3
10	Vacas producción alta	Forraje largo primero	922	993	16,0			2	2
10	Vacas producción baja	Forraje largo primero	740	861	16,0			2	2
11	Vacas producción	Forraje largo primero	1385	458	18,5			2	2
12	Vacas prod. carro 1	Pienso primero	840	788	17,5			2	2
12	Vacas prod. Carro 2	Pienso primero	1057	1088	17,5			2	2
13	Vacas producción	Forraje largo primero	1250	629	24,0			1	3
14	vacas producción	Pienso primero	852	1438	12,5	0	0		

Tabla 30: factores de manejo y mantenimiento del carro, de fácil variación a corto plazo por el ganadero

Expl. nº	Nombre de la mezcla	Orden	Tiempo de mezcla tras finalizar la carga (s)	Tiempo de mezclado del forraje más largo hasta fin de carga (s)	RPM sinfín	Cuchillas extremo ¹	Cuchillas centro ¹	Cuchillas arriba ²	Cuchillas abajo ²
15	Vacas producción alta	Forraje Largo primero	90	2095	27,0			2	0
15	Vacas producción baja	Forraje Largo primero	300	2115	27,0			2	0
16	Vacas producción	Forraje Largo primero	2217	362	16,5			2	1
17	Vacas producción baja	Forraje Largo primero	1873	524	14,5			2	1
17	Vacas producción alta	Forraje Largo primero	1800	774	14,5			2	1
18	Vacas producción	Pienso primero	687	540	11,0	2	1		
19	Vacas producción alta	Pienso primero	153	110	7,0				
19	Vacas producción baja	Pienso primero	215	100	7,0				
20	Vacas producción	Forraje largo primero	656	321	32,0			0	0
21	Vacas producción	Forraje Largo primero	825	660	20,0			3	3
22	Vacas producción	Pienso primero	1480	0	17,0	0	0		
23	Vacas producción	Pienso primero	626	0	17,0	3	3		
24	Vacas producción	Pienso primero	900	0	9,5			2	1
25	Vacas producción	Forraje largo primero	1098	940	11,0			2	1
26	Carro 2	Pienso primero	382	167	9,0				
26	Carro 3	Pienso primero	373	176	9,0				
27	Vacas producción	Forraje largo primero	704	453	13,5			2	2

¹: valoración de las cuchillas en unifeed horizontales: 0, 1, 2, 3 de peor a mejor estado de las mismas

²: valoración de las cuchillas en unifeed verticales: 0, 1, 2, 3 de peor a mejor estado de las mismas

Respecto al orden de mezclado en el que únicamente se ha considerado si el pienso o el forraje más largo es cargado primero, nos encontramos con que en un 50% de las mezclas se carga primero el forraje largo y en un 50% de las mezclas se carga primero el pienso (tabla 31). Silva-del-Rio (2011) recomienda cargar los forrajes largos que necesitan ser picados en primer lugar y los productos más densos (en nuestro análisis sería el pienso en último lugar). Asimismo, Oleberg et al. (2014 y Rippel et al. (1998) encontraron diferencias entre cargar la alfalfa (forraje largo) en las primeras posiciones del orden de carga o en las últimas. Así el 50% de mezclas en las que se carga el pienso primero a priori estarían haciendo una mezcla menos adecuada.

Tabla 31: Resumen de los factores de fácil variación

Factor	Valoración	Frecuencia	%sobre el total de mezclas
Orden	Forraje largo primero	18	50%
	Pienso primero	18	50%
Cuchillas extremo (unifeed horizontales)	Totalmente desgastadas	4	12%
	Bastante desgastadas	0	0%
	Poco desgastadas	3	9%
	Nuevas o como nuevas	1	3%
Cuchillas centro (unifeed horizontales)	Totalmente desgastadas	2	6%
	Bastante desgastadas	5	15%
	Poco desgastadas	0	0%
	Nuevas o como nuevas	1	3%
Cuchillas arriba (unifeed verticales)	Totalmente desgastadas	3	9%
	Bastante desgastadas	1	3%
	Poco desgastadas	14	41%
	Nuevas o como nuevas	6	18%
Cuchillas abajo (unifeed verticales)	Totalmente desgastadas	4	12%
	Bastante desgastadas	6	18%
	Poco desgastadas	6	18%
	Nuevas o como nuevas	8	24%
RPM sinfín	Media		15
	Desv típica		7
	%CV		43%
	Máx.		32
	Mín.		7
Tiempo de mezcla tras finalizar la carga (s)	Media		957
	Desv típica		556
	%CV		58%
	Máx.		2360
	Mín.		90
Tiempo de mezclado del forraje más largo hasta fin de carga (s)	Media		659
	Desv típica		661
	%CV		100%
	Máx.		2912
	Mín.		0

Respecto a las cuchillas, existe una gran variabilidad. Pero por resaltar un dato, un 62% de las mezclas estudiadas se realizan con carros que tienen las cuchillas totalmente o bastante desgastadas en alguna de sus partes lo que hace que no se procese de forma correcta el ensilado (Oelberg et al., 2014), lo cual indica que hay una gran labor pendiente en la mejora del mantenimiento de los carros unifeed. Además, queda demostrada la percepción de los ganaderos de que en los carros horizontales siempre se desgastan más las cuchillas del centro y en los verticales más las de abajo. Se cumple en la totalidad de las mezclas a excepción de en la mezcla de la explotación número 13. Esto sucede porque en los carros verticales la parte donde más acción realizan las cuchillas contra el forraje es en la parte baja y en los horizontales en la parte central (M.Raluy [Comunicación personal]. 3 de marzo de 2015).

Respecto a las revoluciones, se observa mucha variabilidad (%CV=43%)

Algo parecido ocurre con los tiempos de mezclado. Existe una grandísima variabilidad entre mezclas tanto en el tiempo de mezcla tras finalizar la carga (%CV=58%) con tiempos que van desde 90 hasta 2360 segundos, como en el tiempo de mezclado del forraje más largo (%CV=100%) con tiempos que van desde 0 hasta 2912 segundos. Hulsén et al. (2014) dan valores de tiempo de mezclado tras finalizar la carga de entre 300 y 600 segundos y Oleberg et al. (2014) da un valor de 300s. Solo hay dos mezclas entre las analizadas que no alcanzan un valor de 300s: las de la explotación 19 y la de la explotación 15 lote alta.

4.3 Predicción del tamaño de partícula y de la homogeneidad en función de los factores de variación controlados en granja

4.3.1. Predicción del tamaño de partícula

En la tabla 32 se pueden ver los resultados del análisis estadístico del efecto de los factores que se consideró que podían afectar a la variable tamaño de partícula.

Si la alimentación es de tipo clúster 1, queda menos proporción retenida en la criba superior (sobre un 14%) (Tabla32) que si es de clúster 2 o 3, eso contribuye a aumentar el % retenido en la criba media (de tamaño 19 a 8mm). Esto sucede porque el silo de gramínea/gramínea+leguminosa de las explotaciones del clúster 1 está más picado y en lugar de quedarse en la superior, cae a la media. Si la alimentación es de tipo clúster 2, queda más en la criba superior (10%), porque esas raciones tienen una gran proporción de forraje húmedo largo (59% de media). En el caso del clúster 3, la proporción de la superior es mayor que en los clúster 2 y 1 porque aunque no son forrajes más largos, corresponde a las explotaciones con alimentación disociada (con Robot/DAC) lo que hace que haya menos cantidad en la criba inferior aumentando la proporción de la superior sobre el total. Cabe recordar que el aporte adicional de pienso fuera de la ración no se tuvo en cuenta en este análisis.

También se observa, que si el carro es vertical, se pica menos el forraje que el horizontal aumentando la proporción de la criba superior (sobre un 10%) (tabla32). Este resultado confirma lo dicho por Gil (2010), que los carros horizontales hacen una molienda más fina.

En carros horizontales con las cuchillas en mal estado, se reduce el contenido de la bandeja del fondo, por un peor picado. En todo caso el error estándar en este caso es muy alto (tabla 32)

Tabla 32: Resultados del modelo de predicción del tamaño de partícula (significación indicada con los símbolos: $<0,1$; $*<0,05$; $**<0,01$; $***<0,001$; $ns\geq 0.1$)

Variable (y_{jklm})	Clúster		TU_j	LL_k	$CU_i(TU_j)$		b_{TM}	b_{TMFL}	b_{RPM}	Error estándar	p-valor	R2 corregido	Intercepto
	2-1	3-1	V-H	3-2	Vmal- Vbien	Hmal- Hbien							
%superior	0,139 $\pm 0,047^{**}$	0,141 $\pm 0,042^{**}$	0,097 $\pm 0,041^*$	ns	ns	ns	ns	ns	ns	$\pm 0,095$	0,00007	0,473	0,104 $\pm 0,034^{**}$
%media	-0,170 $\pm 0,032^{***}$	-0,068 $\pm 0,029^*$	Ns	0,050 $\pm 0,025$	ns	ns	ns	ns	ns	$\pm 0,070$	0,00006	0,473	0,357 $\pm 0,025^{***}$
%inferior	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,00001 $\pm 0,000009$	ns	$\pm 0,033$	0,068	0,155	0,160 $\pm 0,018^{***}$
%bandeja a fondo	ns	ns	ns	ns	ns	-0,122 $\pm 0,058^*$	ns	ns	ns	$\pm 0,087$	0,038	0,171	0,266 $\pm 0,044^{***}$

Finalmente, con menos evidencia se observa cierta relación, escasamente significativa ($p < 0.1$) con el tiempo de mezcla y el grado de llenado del carro. Al aumentar el tiempo de picado del forraje más largo (TMFL), aumenta el porcentaje retenido en la criba inferior pero de forma poco importante. Aunque el resultado parece lógico, es bastante irrelevante dado que el efecto estimado, además de su escasa significación es pequeñísimo, y habría que estar mezclando más de un día para aumentar un 1% la proporción de la mezcla en la bandeja superior.

También se ve una tendencia alcista del porcentaje de la criba media en llenados superiores al 75%. Pero el error estándar es muy alto, y además el resultado no va sorprendentemente acompañado de un aumento en la bandeja superior, por lo que tampoco deberá tenerse en cuenta.

En definitiva, en las explotaciones estudiadas, el factor que más afecta al problema de la gran cantidad de mezcla que queda retenida en la criba superior es el clúster. Es este factor el que más afecta a la distribución de la ración en criba superior-criba media. A su vez, una de las características de gran parte de las raciones del clúster 1 condicionante para que una ración sea considerada dentro del clúster 1 es que el silo de gramínea/gramínea+leguminosa sea recogido con picadora.

Con el objetivo de ver si el tipo de recolección influye sobre el tamaño de partícula se ha elaborado un modelo en el que exclusivamente se tiene en cuenta el tipo de recolección: B: bolas; A: autocargador y P: picadora. Para ello se ha eliminado la explotación 7 que no utilizaba silo de gramínea/gramínea+leguminosa.

En la tabla 33 se puede ver que efectivamente, recogiendo el silo con picadora se consigue reducir aproximadamente 15% la fracción retenida en la bandeja superior en beneficio de la bandeja media que sube sobre un 12% si lo comparamos con el autocargador o las bolas (sin diferencias significativas entre ambos). Parece haber algún pequeño efecto en la bandeja del fondo si la recolección se hace con autocargador, pero con un error estándar alto y una significación baja por lo que este resultado no deberá ser tenido en cuenta.

Por tanto, y si se quieren alcanzar las recomendaciones dadas por Penn State (2013), uno de los cambios que habría que proponer al ganadero es que recoja el silo

de gramínea/gramínea+leguminosa con picadora en lugar de con autocargador o bolas.

Tabla 33: Resultados del modelo de predicción del tamaño de partícula en función del tipo de recolección (significación indicada con los símbolos: $<0,1$; * $<0,05$; ** $<0,01$; *** $<0,001$; ns $\geq 0,1$)

Variable (y _i)	Tipo de recolección		Error estándar	p-valor	R2 corregido	Intercepto
	P-B	A-B				
%superior	-0,153 ±0,029***	ns	±0,092	0,00007	0,455	0,320 ±0,029***
%media	0,119 ±0,039**	ns	±0,027	0,010	0,230	0,259 ±0,027***
% inferior	ns	ns	±0,036	0,123	0,078	0,133 ±0,011***
%bandeja fondo	ns	-0,059 ±0,033 .	±0,074	0,073	0,110	0,288 ±0,023***

4.3.1. Predicción de la homogeneidad

En la tabla 34 se pueden los resultados de los factores que afectan a la variable homogeneidad, expresada como CV en cada una de las bandejas

Tabla 34: Resultados del modelo de predicción de la homogeneidad (significación indicada con los símbolos: $.<0,1$; $*<0,05$; $**<0,01$; $***<0,001$; $ns\geq 0,1$)

Variable (y_{ijklm})	Clúster		TU_i	LL_k	$CU_i(TU_i)$		ORD_m	b_{TM}	b_{TMFL}	b_{RPM}	Error estándar	p-valor	R2 corregido	Intercepto
	2-1	3-1	V-H		Vmal- Vbien	Hmal- Hbien								
CV superior	ns	-6,396 $\pm 3,150$	-8,345 $\pm 3,813^*$	ns	7,598 $\pm 3,017^*$	ns	ns	-0,007 $\pm 0,002^*$	ns	ns	$\pm 6,478$	0,022	0,277	29,306 $\pm 5,106^{***}$
CV medio	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,504 $\pm 0,208^*$	$\pm 7,661$	0,022	0,132	1,980 $\pm 3,514$
CV inferior	1,676 $\pm 0,849$	2,208 $\pm 0,736^{**}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	$\pm 1,827$	0,017	0,187	4,850 $\pm 0,551^{***}$
CV fondo	ns	ns	-7,922 $\pm 3,627^*$	ns	7,330 $\pm 2,653^*$	9,264 $\pm 4,604$	ns	-0,006 $\pm 0,002^*$	ns	ns	$\pm 6,236$	0,026	0,220	19,383 $\pm 4,358^{***}$
CV inferior+ fondo	ns	ns	-5,187 $\pm 2,406^*$	ns	5,153 $\pm 1,760^{**}$	7,119 $\pm 3,053^*$	ns	-0,005 $\pm 0,002^{**}$	ns	ns	$\pm 4,136$	0,009	0,286	14,954 $\pm 2,890^{***}$

Respecto al clúster, solo en un caso se han encontrado diferencias claramente significativas, es el caso del clúster 2 para la bandeja inferior, en cualquier caso son diferencias poco importantes (sobre un 2%) (tabla 34)

En cuanto al tipo de unifeed, sí se observa un importante y significativo efecto. Con los carros verticales el CV es más bajo (sobre 8 puntos en la criba superior y la bandeja del fondo y sobre 5 puntos en el conjunto de la criba inferior más la bandeja del fondo, pero con errores estándar que no permiten afirmar que esos valores sean distintos entre sí) (tabla 34) Es decir que existe mayor homogeneidad de partículas gruesas y finas a lo largo del pasillo de alimentación en las mezclas hechas con carro vertical que con horizontal.

No obstante, para poder extrapolar los resultados más allá de las explotaciones analizadas hay que tener en cuenta que el estado de las cuchillas no era el mismo en los carros horizontales que en los verticales. En estos últimos, el estado era en general bastante peor que en los horizontales, especialmente si se tiene en cuenta el estado de las principales cuchillas que son las de abajo en los carros verticales y las del centro en los horizontales (según la agrupación hecha en el apartado material y métodos, tabla 13) Teniendo en cuenta esa relación existente entre tipo de carro y estado de las cuchillas, los resultados permiten comparar el estado de cuchillas dentro de carro, pero para extrapolar la diferencia entre carros a otras situaciones hay que tener en cuenta ambos factores conjuntamente Así, si se calculan, a igualdad del resto de factores, los CV en los que parece haber influencia, para cada combinación estados de cuchillas y tipos de unifeed se puede ver lo siguiente:

Para el CV superior:

$$Y_{hbien}=0$$

$$Y_{hmal}=0$$

$$Y_{vbien}= -8,345+0=-8,345$$

$$Y_{vmal}=-8,345+7,598\approx0$$

Para el CV fondo:

$$Y_{hbien}=0$$

$$Y_{hmal}=9,26$$

$$Y_{vbien}=-7,92+0=-7,92$$

$$Y_{vmal}=-7,92+7,33\approx0$$

Para el CV inferior+fondo:

$$Y_{\text{hbien}}=0$$

$$Y_{\text{hmal}}= 0+7,119=7,119$$

$$Y_{\text{vbien}}=-5,187+0=-5,187$$

$$Y_{\text{vmal}}=-5,187+5,53\approx 0$$

El estado de las cuchillas, parece tener influencias significativas sobre el CV. En el caso de los carros verticales, tener las cuchillas en mal estado hace subir el CV en la criba superior, bandeja fondo y en el conjunto inferior+fondo (con valores que rondan el 5-7%) (tabla 34). Una de las posibles causas de esto podría ser que las cuchillas en mal estado dieran lugar a un peor picado del forraje, lo que hace que los tamaños de partícula de los diferentes ingredientes a mezclar sean más heterogéneos y por tanto más difíciles de mezclar. Lo mismo sucede en los unifeed horizontales en la bandeja inferior+fondo, aumentando la heterogeneidad cuando el estado de las cuchillas no es adecuado. Sin embargo, no se puede afirmar que afecte sobre la uniformidad de la bandeja superior y solo con mucha cautela sobre la bandeja del fondo.

Por lo que respecta al tiempo de mezclado tras finalizar la carga (TM), al aumentar el TM se reduce el CV tanto de la criba superior como de la del fondo y del conjunto inf+fondo, a razón de unos 6 puntos por cada 15 minutos adicionales de mezclado (tabla 34). Esto es especialmente importante si nos referimos a la bandeja inferior, ya que es el pienso lo que cae a esta bandeja del fondo, y es en él donde más nutrientes hay en comparación con el resto de la ración y lo que más problemas puede dar si su distribución no es uniforme (acidosis, por ejemplo) por ello, es importante que este quede muy bien distribuido. La influencia del tiempo sobre el CV tiene consecuencias importantes ya que significa que se podrían reducir los CV en muchos casos, simplemente aconsejando al ganadero que mezcle más tiempo.

En lo que a las revoluciones por minuto de mezclado (RPM) se refiere, se ve que cuanto más rápido se mezcla, más sube el CV en la bandeja media, a razón de 0,5 puntos por cada RPM adicional (tabla 34).

No obstante, si se observa la dispersión de los datos (gráfico 2) se puede ver que hay una explotación en la que el coeficiente de variación es especialmente alto, la número 20. Si se elimina esta explotación a la hora de realizar el modelo de predicción para el CV de la bandeja media, el efecto de las revoluciones por minuto deja de ser

significativo, es más la significación pasa de ser menor de 0,05 a ser 0,95. Por ello se podría decir que el efecto de las revoluciones por minuto no debería ser tenido en cuenta, ya que hay una explotación que distorsiona el modelo.

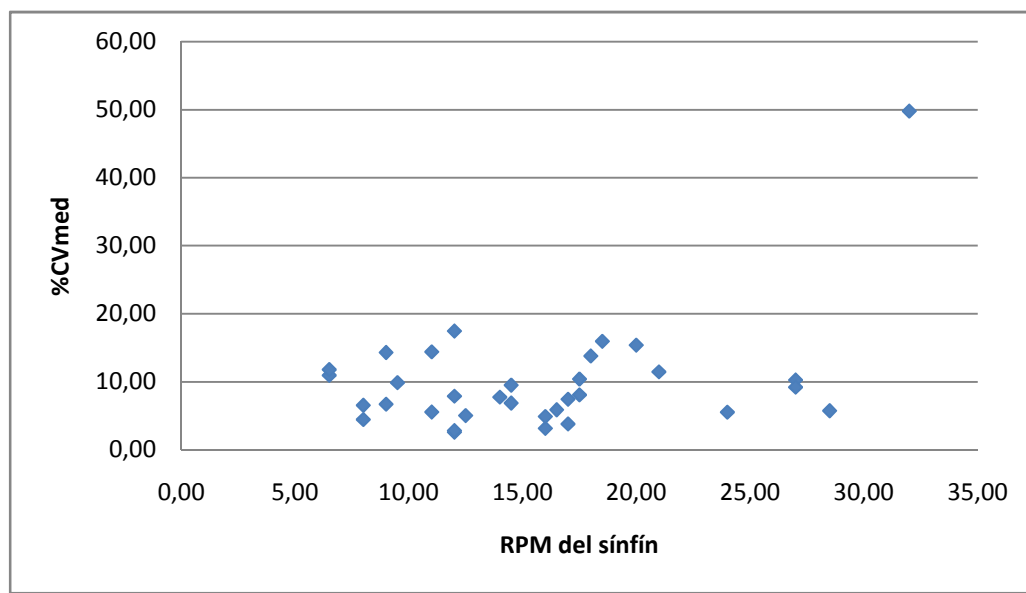


Gráfico 2: gráfico de dispersión de las RPM contra %CV de la bandeja media

4.3.1. Capacidad predictiva de los modelos

Los modelos de predicción propuestos para el CV y el tamaño de partícula tienen un R^2 muy bajo: 0,132-0,286 para CV y 0,155-0,473 para tamaño de partícula dependiendo de la criba (Tablas 32 y 34). Por tanto la capacidad predictiva de los modelos es muy baja. Uniendo este resultado, a la facilidad que se ha comprobado que tiene el uso del PSPS en granja, no parece que tenga ningún interés establecer modelos de predicción para predecir el tamaño de partícula y la homogeneidad.

Visto además estos R^2 tan bajos de los modelos, se puede decir que el resultado de tamaño de partícula y de homogeneidad dependen de la explotación ya que son la suma de un cómputo de factores con pequeño efecto, de ahí que se escapan de un modelo de predicción único. Entre otros posibles factores que se cree que puedan influir pero que no se han controlado en este trabajo, por su enorme variabilidad dificultad de control, figuran el diseño del carro y de sus partes, el uso de contracuchillas, el número de cuchillas, el número de sínfines, la forma de la cóclea interior... Por ello, parece difícil poder establecer recomendaciones generales sobre los distintos factores por lo que cada explotación debería analizarse de forma

particular, probando diferentes formas de manejo en granjas concretas(pudiéndose tomar como punto de partida algunos de los resultados obtenidos en este trabajo) y viendo como ellas afectan a la calidad final de la mezcla, teniendo en cuenta en cada caso las condiciones particulares y las limitaciones propias de cada granja.

5. Conclusiones

1-La distribución del tamaño de partícula de la mezcla unifeed depende en gran medida del tipo de ración, de los ingredientes que se utilizan y de su tamaño de partícula inicial previo a la elaboración de la ración.

2-Las explotaciones en las que el silo de gramínea/gramínea+leguminosa se recoge con picadora han presentado unas mezclas más picadas y cercanas a las recomendaciones existentes, por ello, parece interesante profundizar en el análisis del efecto de este tipo de recolección sobre la calidad de las mezclas unifeed.

3-Las mezclas hechas con carros unifeed verticales han dado lugar a mezclas menos picadas, con una proporción mayor de partículas mayores de 1,9 cm.

4-En ninguna explotación se han encontrado mezclas que cumplieren los valores de homogeneidad que refieren las recomendaciones más estrictas de las distintas que existen. Algunas explotaciones se sitúan en niveles preocupantemente bajos de homogeneidad, lo que sugiere que hay margen de mejora en este ámbito.

5-Las mezclas hechas con más tiempo de mezcla han presentado una mayor homogeneidad a lo largo del pasillo de alimentación.

6-Las mezclas hechas con unifeed con mejor estado de cuchillas han presentado una mayor homogeneidad a lo largo del pasillo de alimentación

7-Son muy numerosos los factores que afectan a la mezcla unifeed resultante (homogeneidad y tamaño de partícula). Los ingredientes de la ración, su orden de incorporación al carro unifeed, el tipo de carro, el estado de sus cuchillas, el nivel de llenado y los tiempos y velocidad de mezcla, además de no ser siempre fácilmente variables por el ganadero, explican una baja proporción de la variabilidad observada entre explotaciones y raciones.

8-Dada la diversidad entre las diferentes explotaciones, parece difícil establecer recomendaciones generales sobre los distintos factores de variación que pueden afectar a la distribución del tamaño de partícula en las mezclas unifeed y su homogeneidad, por lo que en términos prácticos cada explotación debería analizarse de forma particular, proponiendo cambios que podrían basarse inicialmente en los resultados de este trabajo.

6. Bibliografía

- Ávila, A. (2015). Sistema de nutrición, Caso práctico. *En Curso Anembe de nutrición bovina, módulo D-formulación de raciones*. Recuperado el 10 de mayo de 2015 de, anembeformación.com.
- Behnke, K.C. (1996). Mixing and Uniformity Issues in Ruminant Diets. *En Mid-South Ruminant Nutrition Conference (Irving, Texas, USA, 1996)*.
- Behnke, K.C. (2005). Mixing and Uniformity Issues in Ruminant Diets. *En Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop (Grantville, Pennsylvania, USA, 9-10 de noviembre de 2005)*.
- Biblioteca de la Universidad Pública de Navarra. Oficina de Referencia. (2014). *Guía para citar y referenciar. Apa Style*. Recuperado el 1 de Julio de 2015 de <http://goo.gl/0CSi5G>
- Buckmaster, D. (2009). Optimizing Performance of TMR Mixers. *En Tri-State Dairy Nutrition Conference, 105-117. (Fort Wayne, Indiana, USA, 21-22 de abril de 2009)*.
- Calsamiglia, S. (2005). Manejo de la Preparación de la ración y los comederos. *Frisona Española*, (nº 145), 106-114.
- Calsamiglia, S. (2015a). Nutrientes empleados en la formulación de raciones. *En Curso Anembe de nutrición bovina, módulo D-formulación de raciones*. Recuperado el 6 de marzo de 2015 de anembeformación.com.
- Calsamiglia, S. (2015b). Problemática de la alimentación y sistemas de alimentación *En Curso Anembe de nutrición bovina, módulo D-formulación de raciones*. Recuperado el 19 de abril de 2015 de anembeformación.com.
- Canadian Food Inspection Agency (CFIA) (2013). Developing Mixer Performance Testing Procedures. *En Canadian food Inspection Agency*. Recuperado el 24 de enero de 2015 de <http://www.inspection.gc.ca/animals/feeds/inspection-program/developing-mixer-performance-testing-procedures/eng/1370381600539/1370381604148>
- Casasús, I., Villalba, D. y García Chapullé, J.L. (2012). *Equipos de alimentación unifeed: Criterios para su adquisición y ejemplos de elaboración de dietas para rumiantes*. (Informe nº 242). Zaragoza:Dpto. De Agricultura Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón

- Eumedia Redacción. (2008). Los sistemas unifeed. Ración Totalmente Mezclada (TMR). *Mundo Ganadero*, (nº 212).
- Fernández, F. (2015). Pautas para programar el manejo y la alimentación en una explotación de vacuno lechero. Caso práctico. *En Curso Anembe de nutrición bovina, módulo D-formulación de raciones*. Recuperado el 16 de mayo de 2015 de anembeformación.com.
- Gil, J. (2010). Carros mezcladores unifeed. *Mundo ganadero*, (julio-agosto), 44-47.
- Heinrichs J. (1996). *Evaluating Particle size of forages and TMRs using the Penn State Particle Size Separator*. Pennsylvania: Pennsylvania State University (Penn State), College of Agricultural Sciences and Cooperative Extension.
- Heinrichs J. (2013). *The Penn State Particle Separator* Pennsylvania State University Extension, .Pennsylvania: Pennsylvania State University (Penn State).
- Heinrichs J. y Kononoff, P. (2002). *Evaluating Particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator*. Pennsylvania: Pennsylvania State University (Penn State), College of Agricultural Sciences and Cooperative Extension.
- Hulsen J. (2011). *CowSignals, El lenguaje de las vacas*. Madrid: Ediciones técnicas reunidas
- Hulsen J., Aerden D. y Rodenburg J. (2014). *Feeding Signals a practical guide to feeding dairy cows for health and production*. Zutphen, Holanda: Roodbont agricultural publishers.
- INRA (2007). *INRAlim 4.0*, [CD]. Migennes, Francia: U.C.A.C.I.G.
- Jimeno Vinaeta, V. y Martín Gil, F.J. (1996). Alimentación unifeed. *Mundo Ganadero*, (nº 74), 33-36.
- Joy, M., Cassaús, I., Ferrer, J. y Revilla, R. (2006). Testaje de diferentes modelos de mezcladoras unifeed. *Frisona Española*, (nº151), 108-113.
- Kammel, D. W. (1998). *Design, Selection and Use of TMR Mixers*. Madison, USA: University of Wisconsin, Biological Systems Engineering Department

- Kononoff, P.J., Heinrichs, A. J. y Buckmaster, D.R. (2003). Modification of the Penn State forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the Effects of Moisture Content on its Measurements. *Journal of Dairy Science*, (Vol. 86, nº 5), 1858-1863.
- Kuhn North America (2015). *TMR Mixers and Bedders*. Recuperado el 27 de marzo de 2015 de www.kuhnnorthamerica.com/us/range/tmr-mixers-and-bedders.html
- Lammers, B.P., Buckmaster, D.R. y Heinrichs, A.J. (1996). A simple method for the analysis of particle sizes of forages and total mixed rations. *Journal of Dairy Sciences* (79), 922-928.
- Lammers, B.P., Heinrichs, J. e Ishler, V. A. (1994). Use of total mixed rations (TMR) for dairy cows. *Pennsylvania State University, College of Agricultural Sciences and Cooperative Extension* (DAS 94-25), 1-10.
- Lammers, B.P., Heinrichs, J. e Ishler, V. A. (1994). Uso de ración Total Mezclada (TMR) Para Vacas Lecheras. *Pennsylvania State University, College of Agricultural Sciences and Cooperative Extension* (DAS 94-25), 1-10.
- Leahy, K.T. (2013). Increasing Dairy profits by Reducing Variability in TMR's and PMR's. En *International Dairy Nutrition Symposium (Wageningen, The Netherlands, 21 de noviembre de 2013)*.
- Mertens, D.R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Sciences* (80), 1463-148.1
- National Research council (NRC) (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, seventh revised edition, *Carbohydrates* (pp.34-pp.42). National Academy Press, Washington, D.C.
- National Research council (NRC) (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle, seventh revised edition, (pp.75-pp.84). National Academy Press, Washington, D.C.
- Observatori de la llet (2010). *L'ús de l'unifeed a les explotacions de Catalunya* (Informe nº 02/10). Cataluña: Generalitat de Catalunya, departamento de agricultura, alimentación y acción rural
- Observatori de la llet (2009). *La ració única unifeed per a vaques de llet*. Cataluña: Generalitat de Catalunya, departamento de agricultura, alimentación y acción rural

Oelberg, T. (2011a). Improving Feeding Consistency and Efficiency with TMR Audits. En *Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop (Pennsylvania State University, 11 de septiembre de 2011)*.

Oelberg, T. (2011b). TMR Audits™ Improve TMR Consistency. *Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop*, 81-86. (Grantville, Pennsylvania, USA, 8-10 de noviembre de 2011).

Oelberg, T.J. y Stone, W. (2014). Monitoring Total Mixed Rations and Feed Delivery Systems. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, (30), 721-744.

Pennsylvania State University (Penn State) extension (2015). *Penn State extension, dairy cattle nutrition*. Recuperado el 10 de febrero de 2015 de extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition

Rene Garcia, A. (2009). Usage of the Penn State Forage Separator for Evaluating Particle Size of TMRs. *California Polytechnic State University, College of Agriculture, Food and Environmental Sciences, Dairy Science Department*.

Rippel, C.M., Jordan, E.R. y Strokes, S.R. (1998). Evaluation of Particle Size Distribution and Ration Uniformity in Total Mixed Rations Fed in North central Texas. *The Professional Animal Scientist*, (14), 44-50.

Silva-del-Río, N. (2011). Manejo nutricional: ¿Se parece lo que come la vaca a lo que formulo el nutrólogo? *Frisona Española*, (nº 187), 98-105.

7. Anejos

ANEJO I: Elaboración, caracterización y análisis de la ración unifeed.

1. Diferencias en la elaboración entre carros unifeed horizontales y verticales

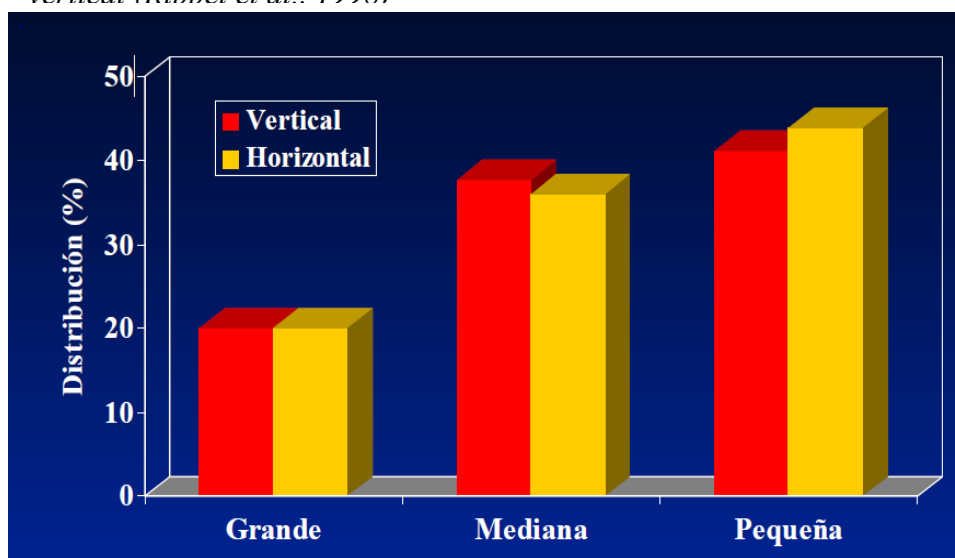
Con respecto a la molienda o al tamaño de partícula Joy, Cassaús, Ferrer y Revilla (2006) testaron dos unifeed en vacas de carne, uno vertical y uno horizontal con la misma ración y obtuvieron los siguientes resultados (tabla 35). En ella se puede ver claramente una mayor proporción de partículas grandes en el unifeed vertical respecto al horizontal (33,1 y 27,8, respectivamente).

Tabla 35: *Influencia del tipo de unifeed sobre la proporción final de las diferentes fracciones de tamaño de partícula en una mezcla unifeed (Fuente: Joy y Cassaus, 2006)(media+-Desv típica)*

Fracción	Mezcladora Horizontal	Mezcladora Vertical	Significación
Grande, partículas > 1 cm	27,8% ± 5.4	33,1% ± 5.3	***
Mediana, partículas 1 cm - 2 mm	36,2% ± 3.4	40,0% ± 4.0	***
Pequeña, partículas < 2 mm	36,0% ± 4.7	27,0% ± 3.5	***

Por su parte, Rippel et al. (1998) determinaron igualmente una mayor proporción de partículas pequeñas en las mezcladoras horizontales y una menor proporción de medianas, pero sin ver diferencias relevantes en las grandes (Imagen 9). Esta ausencia de diferencias relevantes hace que no se puedan hacer generalizaciones al respecto, debido a una gran variabilidad en las entre las granjas muestreadas (Rippel et al., 1998).

Imagen 9: Distribución del tamaño de partícula en unifeed horizontal y vertical (Rimmel et al., 1998)



Según M.Raluy ([Comunicación personal]. 3 de marzo de 2015), delegado comercial del grupo Tatoma (fabricante de carros unifeed y otros productos) con una gran experiencia en el sector, la evolución de los carros mezcladores en España ha sido la siguiente.

En un primer momento se desarrollaron, unifeed horizontales cuyos sinfines eran engranados por cadenas o piñones. En aquella época (década de los 80), se utilizaban forrajes ensilados en silos de zanja y pacas pequeñas (de unos 30kg), lo que hacía estas máquinas adecuadas.

Posteriormente, con la introducción de las rotopacas la situación cambió sustancialmente. El uso de estas pacas de mayor peso y tamaño, hacía que las máquinas existentes se averiaran fruto de golpes y atascos. En ese momento, se tendió a realizar carros horizontales con accionamiento por reductores y carros verticales, más adecuados para este tipo de pacas.

Estos carros verticales son más adecuados para la preparación de raciones con un contenido mayor de humedad. Si en estos carros se prepara una ración muy seca, especialmente si el tiempo de mezclado es excesivo, se produce una decantación, lo que hace que el mezclado sea inadecuado, tendiendo las materias primas de mayor densidad, como el pienso a quedarse en el fondo del carro. Esto hace que la mezcla

no sea homogénea y la parte de ración unifeed situada en el fondo del carro contenga más concentrado, fracción que, por otra parte, es la primera en ser descargada.

2. El concepto de fibra efectiva y las necesidades de fibra

2.1. Fibra efectiva

Se habla de fibra efectiva (FE) porque no todas las fibras son igualmente efectivas a la hora de producir rumia y salivación en la vaca.

El concepto de fibra efectiva nace por la limitación que puede suponer formular únicamente con fibra neutro detergente (FND), ya que, resulta también interesante tener en cuenta la capacidad de la ración para estimular la rumia a la hora de formular raciones para vacas de leche (NRC, 2001).

Es conocido que la rumia está relacionada además de con la salud del animal, con el porcentaje de materia grasa de la leche (MGL).

En el curso online impartido por Sergio Calsamiglia en el año 2015 se define fibra efectiva como la capacidad real de la fibra para estimular la rumia y la salivación. Aplica el concepto a la FND, dice que la FND-e cuantifica la capacidad de la fibra para estimular la rumia en relación a un forraje en rama.

De forma parecida, Rene Garcia (2009) define la fibra efectiva como la fibra que promueve la rumia.

Concretando más, Mertens (1997) define la fibra neutro detergente efectiva como la habilidad de la FND en un alimento para reemplazar la FND-forraje en una ración manteniendo el MGL y el pH ruminal.

NRC (2001) añade otro matiz, indicando que la fibra neutro detergente físicamente efectiva (peFND), está relacionada con las características físicas de la FND (principalmente tamaño de partícula) que afectan a la actividad ruminal y a la naturaleza del contenido ruminal.

Estos conceptos (FE, eFND y peFND) son conceptos cercanos y a priori difusos. Lo que sí está claro es que todos ellos están relacionados con la capacidad de una ración para estimular la rumia y en consecuencia mantener MGL y pH ruminal. NRC (2001) no da una recomendación de eFND para racionamiento en vacas de leche diciendo que es necesaria más investigación en ese campo.

C. Martín ([comunicación personal]. 12 de mayo de 2015), dice que él trabaja con un valor de fibra efectiva de al menos 20%, medido con el separador de partículas.

No obstante, existen varios autores que han intentado medir la FE:

- Mertens (1997), citado por NRC (2001, p.38) asigna a cada materia prima, mediante regresiones, un valor que denomina factores físicos efectivos (PEF) que indica la actividad ruminal que producen. Para ello, toma como base la actividad ruminal que produce el heno de hierba largo asignándole un valor $PEF=1$.
- NRC (1996), citado por NRC (2001, p.39) mide la eFND como el porcentaje del FNDtotal retenido en una criba de diámetro 1,18mm con el cribado hecho en seco.
- Lammers, Buckmaster y Heinrichs (1996), citado por NRC (2001, p.39), miden la fibra efectiva basándose en la distribución del tamaño de partícula y la FND de cada fracción de tres bandejas (>19mm, 8-19mm y <8mm).

2.2. Determinación de la fibra físicamente efectiva con el PSPS

Penn State (2013) calcula la peFND multiplicando la suma de lo retenido en las tres bandejas superiores del separador de partículas PSPS (partículas de más de 4mm) por la fibra neutro detergente de las materias primas. Se debería clasificar como fibra efectiva el 60-70% de la ración, descontando granos parcial o totalmente procesados, granulados, etc. que hayan podido quedar en la bandeja de 4mm. Solo serán fibra efectiva el forraje y otros productos fibrosos. Es decir entre el 60 y el 70% de la ración debería quedar en las tres bandejas superiores. Respecto a ese valor de peFND ($peFND = \% \text{ retenido en las tres bandejas superiores} * \% \text{ FND de la ración}$), Penn State no da ninguna recomendación, pero, se conoce que hay técnicos en campo que trabajan con un mínimo de peFND de 20%.

2.3. Ingestas de fibra recomendadas según Penn State (2013)

Penn State (2013) no hace recomendaciones de fibra efectiva pero sí de fibra neutro detergente, en función del peso corporal del animal y en función de la producción de leche, a continuación se muestra una de ellas (tabla 36).

Tabla 36: Recomendaciones de FNDtotal y FND del forraje como porcentaje de la materia seca de la ración unifeed cuando se utilizan concentrados de FND baja (Fuente: Penn State, 2013)

Producción de leche	FND total	FND forraje
Alta (>36kg)	28-32%	21-27%
Media (27-36kg)	33-37%	25-32%
Baja (<27kg)	38-42%	29-36%

Calsamiglia (2015) recomienda que la fibra efectiva sea el 80% de la FND o el 75% de la FND de forrajes.

3. Influencia del porcentaje de materia seca en las medidas del PSPS

El método del separador de partículas de Penn State (PSPS) señala que el contenido de humedad puede tener pequeños efectos en las propiedades de cribado. Tanto es así, que las muestras con menos del 45% de materia seca pueden no separarse de forma exacta (Penn State, 2013).

Kononoff, Heinrichs y Buckmaster (2003) analizaron la influencia del porcentaje de humedad sobre el cribado de silo de maíz y silo de alfalfa. Para ello, analizaron con las bandejas Penn State muestras de estas dos materias primas con diferentes grados de secado en estufa, obteniendo los resultados que se recogen en las Tablas 37 y 38

Concluyeron que pérdidas pequeñas de humedad de una muestra pueden afectar a la distribución del tamaño de partícula, pero estas diferencias, cuando existen, son pequeñas. Por el contrario, al secar una muestra por completo, se observan grandes diferencias en la distribución de tamaño de partícula. Esto sugiere que las pequeñas alteraciones que, durante el transporte, se puedan dar en la materia seca de una muestra de unifeed tomada en granja no producen grandes distorsiones en la distribución de tamaño de partícula.

Por último, Rippel et al. (1998) señalan que en raciones con alto contenido de humedad, tienden a crearse bolos de comida, evitando así que las partículas más pequeñas caigan a la bandeja del fondo e incrementando así la cantidad de partículas largas. Bien es cierto que en raciones con alto contenido de humedad, el concentrado tiende a adherirse a los forrajes, ayudando a que la vaca no seleccione ingredientes.

Tabla 37: Efecto del contenido de humedad de silo de alfalfa en las medidas de tamaño de partícula con el PSPS, con una frecuencia de 1,2Hz y una longitud de 17cm. Fuente: Kononoff et al. (2003)

Tamaño de partícula	% de humedad				
	57,4	35,6	10,4	2,5	0
>19,0mm	61,5a	63,0a	45,2b	40,3b	27,5b
19,0-8,0mm	25,3c	24,4c	35,4b	37,3a,b	44,5a
8,0-1,18	11,3d	10,6d	15,1c	18,0b	22,6a
<1,18	1,9c	2,1c	4,3b	4,4b	5,4a

a,b,c en la misma fila indicandiferencias significativas $P<0,05$

Tabla38: Efecto del contenido de humedad de silo de maíz en las medidas de tamaño de partícula con el PSPS, con una frecuencia de 1,2Hz y una longitud de 17cm. Fuente: Kononoff et al. (2003)

Tamaño de partícula	% de humedad				
	58,0	34,4	14,6	3,47	0
>19,0mm	14,3	11,0	9,5	9,6	12,9
19,0-8,0mm	74,0a	74,5a	73,2a	70,4a	52,3b
8,0-1,18	11,4a	13,1c,d	15,4b,c	18,0b	31,5a
<1,18	1,7d	1,8c	1,9b,c	2,0b	2,3a

a,b,c en la misma fila indican diferencias significativas $P<0,05$

4.Otros procedimientos de medida de la homogeneidad en la ración unifeed

4.1. Procedimiento de medida según Canadian Food Inspection Agency (CFIA) (2013)

Las siglas CFIA vienen del inglés: Canadian Food Inspection Agency. Esta agencia desarrolló un protocolo de control de calidad de mezcladoras de alimentos para ganado, que recoge expresamente el unifeed.

CFIA(2013) propone utilizar un elemento químico como marcador de homogeneidad de la ración midiendo su concentración en diferentes muestras de la ración unifeed. Propone los siguientes elementos químicos como posibles: Sodio, Cloro, Zinc, Manganeso y Cobre. No obstante, señala que para evitar que la falta de uniformidad quede enmascarada, el elemento marcador debe ser aportado mayoritariamente por una de las materias primas de la mezcla.

Según la CFIA (2013) se deben tomar 9 muestras iguales de entre 500g y 1000g con recipientes de 1-2 litros. Para tomar estas muestras propone tres métodos:

1-Muestreo de la descarga del unifeed: consiste en recoger la mezcla con el recipiente desde la cinta de descarga del unifeed.

2-Muestreo del pesebre utilizando recipientes: consiste en colocar recipientes distribuidos de forma uniforme por el pesebre y retirarlos tras descargar el carro.

3-Muestreo del pesebre: consiste en tomar las muestras de la línea de comida una vez finalizada la descarga del carro.

El límite aconsejable para considerar una mezcla homogénea según CFIA (2013) es un coeficiente de variación menor al 15%.

4.2. Procedimiento de medida según Behnke(2005) y Buckmaster(2009)

Behnke (2005) propone tres métodos: análisis químicos de vitaminas, minerales, aminoácidos, etc., observando la variación en composición de cada uno de ellas; utilizando como marcador pedazos de hierro coloreados, que luego se recogen con un imán y observando la variación a lo largo del pesebre del ión cloruro analizado con

tiras Quantab® de análisis rápido. Estas tiras se sumergen en el líquido extraído tras aplicar agua hirviendo a la mezcla, siendo un método rápido para determinar la concentración en este ión.

Buckmaster(2009) por su parte, propone utilizar marcadores comestibles fáciles de visualizar y cuantificar, tales como zanahorias pequeñas, granos enteros de maíz o nubes de algodón.

4.3. Procedimiento de medida según Joy et al. (2006)

Estos autores estudiaron la homogeneidad de la mezcla para un unifeed horizontal y otro vertical, en una ración para novillas de raza Limousine. Para ello, tomaron muestras de la mezcla unifeed en 9 puntos contiguos de la distribución lineal del total de la mezcla con una separación entre puntos de 15-20m. Cada uno de ellos se tamizaba con dos cribas con un diámetro de 1cm y otra de 2mm, quedando cada muestra dividida en tres fracciones (mayor, mediana y pequeña). Para analizar si la mezcla era homogénea o no analizaron las partículas retenidas en cada fracción. Para estos investigadores, en este estudio, una mezcla homogénea era aquella en la que las tres fracciones se encontraban en una proporción relativa similar (33%).

4.4. Procedimiento de medida según Rippel et al. (1998)

Estos autores estudiaron la mezcla unifeed en 20 granjas en Tejas, USA. Para determinar la homogeneidad, utilizaron dos métodos:

- El ión cloruro analizado mediante tiras Quantab®. Concluyendo que la influencia del tiempo de mezclado y del tipo de unifeed en la concentración de cloruro sódico no fue estadísticamente significativa. Asimismo, concluyeron que el coeficiente de variación de la concentración de ion cloro tuvo una gran variabilidad entre granjas (CV que van desde 0 hasta 24%,19). Dicen estos autores que la exactitud de estas tiras se puede ver influenciada por altos niveles de ácidos procedentes del ensilado. De hecho, concluyen que este test puede ser inadecuado para medir la uniformidad en ración unifeed por la presencia de grandes cantidades de forraje.
- Mediante las bandejas PSPS. Rippel et al., (1998) estudiaron el número de muestras adecuado para el análisis de uniformidad. Concluyeron que la

proporción retenida en cada bandeja y su varianza no se vio afectada al reducir el número de muestras de 10 a cinco.

ANEJO II: Encuesta utilizada en las visitas a las explotaciones

Datos personales

Explotación:	<input type="text"/>	Alias:	<input type="text"/>
	<input type="button" value="Buscar ganadero"/>	Observaciones:	<input type="text"/>

Localidad:	<input type="text"/>		
Zona:	<input type="text"/>	C. P.:	<input type="text"/>
Calle:	<input type="text"/>	Número:	<input type="text"/>
Teléfono 1:	<input type="text"/>		
Nombre 1:	<input type="text"/>		
Teléfono 2:	<input type="text"/>		
Nombre 2:	<input type="text"/>		
Teléfono 3:	<input type="text"/>		
Nombre 3:	<input type="text"/>		
Teléfono 4:	<input type="text"/>		
Nombre 4:	<input type="text"/>		
E-mail:	<input type="text"/>		

Zona: Baztan/valles/ribera

Sistema de estabulación y producción

Explotación:

Fecha visita:

Estabulación:

Tipo de estabulación:

m2 de cama:

nº cubículos:

nº atrapaderos:

Sistema de alimentación

Sistema de alimentación:

Tipo de estabulación: cama caliente/Cubículos
Sistema de alimentación: Solo unifeed/unifeed+DAC/unifeed+robot

Ración Unifeed

Explotación: Nombre de la mezcla nº de vacas:
Operario:

Orden tiempos y cantidades

	kg MF real	Tiempo carga	Tiempo carga+mezcla	Tiempo mezcla tras carga	kg/vaca formulado
Ingrediente 1:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ingrediente 2:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ingrediente 3:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ingrediente 4:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ingrediente 5:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ingrediente 6:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ingrediente 7:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ingrediente 8:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ingrediente 9:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kg pienso DAC/robot (por vaca):	<input type="text"/>				
Kg MF total mezcla:	<input type="text"/>				

Hora inicio:
Hora fin:
Tiempo de mezcla tras finalizar la carga:
Tiempo de distribución:

Contracuchillas: 0: totalmente fuera/1/2/3: totalmente dentro
Valoración visual del llenado: <25%/25-50%/50-75%/75-100%/>100%

Manejo del unifeed en el mezclado

Distribución y arrimado

nº de contracuchillas:
Contracuchillas:
Valoración visual del llenado:
Imagen interior:
RPM del sinfin interior:
RPM toma de fuerza:

nº mezclas/día:
nº de distribuciones/día:
Hora de distribución 1:
Hora de distribución 2:
Hora de distribución 3:
Arrimado (nº de veces):
Hora arrimado 1:
Hora arrimado 2:
Hora arrimado 3:

Observaciones ración:

Manejo de la mezcla Control báscula Tamaño de partícula y homogeneidad Heces Análisis

Explotación:

Descripción de la báscula

Clase:
Utilización:
Fabricante:
Modelo:
nº de serie:
División:
Peso máximo:

Control de pesaje

Pesada 1 antes:
Pesada 1 después:
Pesada 2 antes:
Pesada 2 después:
Pesada 3 antes:
Pesada 3 después:
Pesada 4 antes:
Pesada 4 después:

Unifeed y stockaje

Datos unifeed	Datos tractor	Stockaje
---------------	---------------	----------

Explotación:

Datos unifeed

Marca Unifeed:	<input type="text"/>	Año de compra:	<input type="text"/>	Meses desde el último cambio:	<input type="text"/>
Modelo Unifeed:	<input type="text"/>	Vendedor:	<input type="text"/>	Frecuencia de cambio (meses):	<input type="text"/>
Tipo de accionamiento:	<input type="text"/>	Precio:	<input type="text"/>	Meses desde el último afilado:	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	Imagen unifeed	<input type="text"/>	Frecuencia de afilado (meses):	<input type="text"/>
Tipo de unifeed:	<input type="text"/>			Estado de las cuchillas extremo:	<input type="text"/>
Número de sinfine	<input type="text"/>			Estado de las cuchillas centro:	<input type="text"/>
Capacidad (m3):	<input type="text"/>			Estado de las cuchillas arriba:	<input type="text"/>
Fresa de carga:	<input type="checkbox"/>			Estado de las cuchillas abajo:	<input type="text"/>
Observaciones unifeed:	<input type="text"/>			Imagen cuchillas:	<input type="text"/>

Tipo de accionamiento: autopropulsado/arrastrado

Tipo de unifeed: Horizontal/vertical

Estado de las cuchillas: 0: totalmente desgastadas/1: bastante desgastadas/2: poco desgastadas/3: nuevas o como nuevas

Datos unifeed	Datos tractor	Stockaje
---------------	---------------	----------

Datos tractor

Marca y modelo del tractor:	<input type="text"/>
Caballos (CV):	<input type="text"/>
Año:	<input type="text"/>
Horas de trabajo:	<input type="text"/>
Imagen tractor:	<input type="text"/>

Datos unifeed	Datos tractor	Stockaje
---------------	---------------	----------

Stockaje

Tipo de desensilador:	<input type="text"/>
Diámetro de las bolas:	<input type="text"/>
Peso de las bolas:	<input type="text"/>
% materia seca bolas:	<input type="text"/>

Ordeño, producción y calidad de leche

Producción y calidad de leche:

Análisis desde (fecha):	<input type="text"/>
Análisis hasta (fecha):	<input type="text"/>
Nº de vacas en producción:	<input type="text"/>
%grasa en el tanque:	<input type="text"/>
% de proteína en el tanque:	<input type="text"/>
Urea:	<input type="text"/>
Producción aproximada L/día:	<input type="text"/>

Sistema de ordeño

Nº de ordeños:	<input type="text" value="1"/>
Vacas/sistema de ordeño:	<input type="text"/>
Hora de ordeño 1:	<input type="text"/>
Hora de ordeño 2:	<input type="text"/>
Hora de ordeño 3:	<input type="text"/>
Duración del ordeño:	<input type="text"/>

Materias primas utilizadas en la mezcla unifeed

Nombre del ingrediente: Fecha visita:

Tamaño de partícula: visual

Valoración visual del tamaño de partícula:

Análisis

Fecha muestra:

Tamaño de partícula: Penn State

%materia seca:

Criba superior (%):

Proteína bruta:

Criba media (%):

Almidón:

Criba inferior (%):

Cenizas brutas:

Bandeja fondo (%):

FAD:

Datos Varios

Fibra bruta:

Imagen:

FND:

Etiqueta:

Grasa bruta:

Tipo de almacenamiento:

Tipo de recolección:

Valoración visual del tamaño de partícula: corto/medio/largo
Tipo de almacenamiento: Silo zanja/bolas/silo pienso/montón/pacón
Tipo de recolección: autocargador/bolas/picadora

Análisis de heces

Explotación:

Muestra 1

Fibras tras enjuagado1:	<input type="text"/>
Granos tras enjuagado1:	<input type="text"/>
nº de granos en 100ml1:	<input type="text"/>
Volumen antes de enjuagado1:	<input type="text"/>
volumen después de enjuagado1:	<input type="text"/>
Reducción de volumen1:	<input type="text"/>
Imagen heces1:	<input type="text"/>

Muestra 2

Fibras tras enjuagado2:	<input type="text"/>
Granos tras enjuagado2:	<input type="text"/>
nº de granos en 100ml2:	<input type="text"/>
Volumen antes de enjuagado2:	<input type="text"/>
volumen después de enjuagado2:	<input type="text"/>
Reducción de volumen2:	<input type="text"/>
Imagen heces2:	<input type="text"/>

Muestra 3

Fibras tras enjuagado3:	<input type="text"/>
Granos tras enjuagado3:	<input type="text"/>
nº de granos en 100ml3:	<input type="text"/>
Volumen antes de enjuagado3:	<input type="text"/>
volumen después de enjuagado3:	<input type="text"/>
Reducción de volumen3:	<input type="text"/>
Imagen heces3:	<input type="text"/>

*Fibras tras enjuagado: 0-4mm/4-13mm/>13mm
Granos tras enjuagado: rotos/enteros/sin granos*

Explotación:

Fecha de visita:

Distribución del tamaño de partícula y homogeneidad con las bandejas Penn State

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8	Muestra 9	Muestra 10
peso criba superior (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
pesocriba media(g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
peso criba inferior (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
peso bandeja fondo (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

	Peso medio	Desv típica	CV
peso criba superior (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
pesocriba media(g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
peso criba inferior (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
peso bandeja fondo (g)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

CALCULAR MEDIAS

Análítica del unifeed

Fecha análisis: Nombre de la mezcla

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Composición teórica de la ración
%materia seca:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Almidón:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cenizas brutas:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FAD:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fibra bruta:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FND:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Grasa bruta:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Proteína bruta:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

ANEJO III: Base de datos para la gestión de la información

1. Estructura de la base de datos

a) Tablas:

- Datos personales
- Materias primas: nombre, tamaño de partícula, recolección, análisis físico-químico, etc.
- Ordeño, producción y calidad de leche: horas de ordeño, resultados de analíticas de tanque, etc.
- Ración unifeed: ingredientes y cantidades de cada uno de ellos, tiempos de carga y mezclado, revoluciones por minuto, uso de contracuchillas, tamaño de partícula con el PSPS, número de cabezas, análisis físico-químico de la mezcla unifeed, resultado del cribado de heces con colador, control de pesaje de la báscula según norma UNE-EN 45501, etc.
- Sistema de alimentación y producción: número de cabezas totales, número de cubículos, número de cornadizas, metros cuadrados de cama, etc.
- Unifeed y stockaje: datos del unifeed (cuchillas, mantenimientos, capacidad, precio, años de compra...), datos del tractor, datos de almacenamiento (diámetro materia seca y peso de las bolas), tipo de recolección de los ingredientes, etc.

b) Formularios:

Existe un formulario asociado a cada una de las tablas:

- Datos personales: desde este formulario se navega por el ganadero ya que dispone de botones macro que redirige al usuario al resto de formularios e informes del ganadero.
- Materias primas: asociado a la tabla materias primas
- Ordeño producción y calidad de leche: asociado a la tabla con su mismo nombre
- Ración unifeed: desde de este formulario que está organizado en diferentes pestañas se accede al subformulario tamaño de partícula y homogeneidad donde se introducen los datos de las 10 muestras analizadas con el PSPS.
- Sistema de estabulación y producción: asociado la tabla con su mismo nombre.
- Unifeed y stockaje: asociado la tabla con su mismo nombre.

c) Informes:

Existe un informe global en el que están todos los subinformes que se presentan para cada ganadero, se genera con el botón “Informe Global” del formulario datos personales. Los subinformes recogidos en él son:

- Calidad de leche y heces
- Cantidades y analítica de la mezcla unifeed
- Control báscula
- Datos unifeed
- Homogeneidad de la mezcla
- Materias primas
- Preparación y distribución de la mezcla unifeed
- Tamaño de partícula

2. Informe para el ganadero generado por la base de datos



Evaluación de manejo del carro y mezcla unifed

martes, 11 de agosto de 2015

Evaluación del tamaño de partícula de la ración unifed mediante las bandejas Penn State

Ganadero: ***

Fecha de visita: 14/04/2015

Nombre de la mezcla: Vacas producción
Operario: ***

Muestras tomadas

Nº de Muestra	M1 inicio	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10 fin
Superior (19mm) (g)	82	82	68	78	76	64	104	80	80	102
Media (8mm) (g)	146	194	190	184	182	186	216	144	194	172
Inferior (4mm) (g)	70	86	84	90	88	86	98	70	90	80
Bandeja fondo (g)	202	254	234	252	218	240	280	232	268	232
Suma (g)	500	616	576	604	564	576	698	526	632	586

Resultados

	Peso medio corregido* (g)	Partículas acumuladas (% bajo cada criba)	Partículas retenidas (% del total)	Recomendación Penn State Partículas retenidas
Criba superior (19mm)	82	86	14	2-8%
Criba media (8mm)	181	55	31	30-50%
Criba inferior (4mm)	84	41	14	10-20%
Bandeja fondo	241		41	30-40%
Suma	588			

Comentarios

*Nota: para calcular el peso medio corregido de la bandeja inferior se ha tenido en cuenta el pienso suministrado en las cabinas/robot (en las explotaciones que lo hay), añadiéndose la parte proporcional a la última bandeja.

Evaluación de la homogeneidad de la ración

Ganadero: ***

Fecha de visita: 14/04/2015

Nombre de la mezcla Vacas producción

Operario: ***

Muestras tomadas: % retenido

Nº de Muestra	M1 inicio	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10 fin
Superior (19mm)(g)	16%	13%	12%	13%	13%	11%	15%	15%	13%	17%
Media (8mm)(g)	29%	31%	33%	30%	32%	32%	31%	27%	31%	29%
Inferior (4mm)(g)	14%	14%	15%	15%	16%	15%	14%	13%	14%	14%
Bandeja fondo(g)	40%	41%	41%	42%	39%	42%	40%	44%	42%	40%

Resultados

	Desviación típica	Coefficiente de variación (CV%)	Recomendación %CV (Rippelet al., 1998)
Criba superior (19mm)	2,01	14,46	<10%: Deseable
Criba media (8mm)	1,70	5,54	10-20%: Necesita mejorarse
Criba inferior (4mm)	0,68	4,78	>20%: Motivo de preocupación
Bandeja fondo	1,54	3,76	

Comentarios

Nota: Todos los porcentajes y desviaciones de este apartado están calculados sin tener en cuenta el pienso de robot/cabinas

Control báscula

Ganadero: ***

Fecha visita: 14/04/2015

Datos de la báscula

Fabricante: FarmScale
 Modelo: 700
 Clase:
 Utilización: Carromezclador
 Nº de serie:
 División: 5
 Peso máximo:

Control de pesaje

Pesadas realizadas

Pesada 1 antes: 1.010
 Pesada 1 después: 1.050
 Pesada 2 antes: 2.055
 Pesada 2 después: 2.095
 Pesada 3 antes:
 Pesada 3 después:
 Pesada 4 antes:
 Pesada 4 después:

Errores de pesada

Error pesada 1: 0
 Error pesada 2: 0
 Error pesada 3:
 Error pesada 4:

Errores admisibles para clase III, UNE-EN45501

Rango de pesaje	Error admisible
0 - 2500	+/- 5
2505 - 10000	+/- 10
10005 - 50000	+/- 15

Nota: todas las pesadas y errores están expresados en kilogramos

Comentarios

Materias primas

Ganadero:***

Fecha visita: 14/04/2015

Análisis

Materias primas	Fecha análisis	%Materia seca	Proteína bruta	Almidón	Cenizas brutas	Fibra bruta	FAD	FND	Grasa bruta
Siloveza-avena	14/04/2015	33,31	13,56		11,43	29,57	35,21	49,38	
Silomaíz	14/04/2015	30,59	8,05	26,63	4,24	22,42		43,37	
Pienso	14/04/2015	87,76	20,91	33,59	5,77	7,55			
Alfalfadeshidratada	14/04/2015	95,63	15,81		10,31	31,03		42,57	

Tamaño de partícula Visual y Penn State

Nombre del ingrediente	Valoración visual del tamaño de partícula	Criba superior%	Criba media%	Criba inferior%	Bandeja fondo%
Alfalfadeshidratada	Corto	14	16	12	58
Silomaíz	Corto	25	71	18	9
Siloveza-avena	Medio	73	17	47	47

Recomendación para silomaíz Penn State, 2013:

Criba superior: 3-8%

Criba media: 45-65%

Criba inferior: 20-30%

Bandeja fondo: <10%

Comentarios

Cantidades y Análisis de Mezcla Unificada

Ganadero: ***

Fecha de visita: 14/04/2015
nº de vacas: 149

Nombre de la mezcla: Vacas producción
Operario: ***

Cantidades

Materias primas	kg/día	kg/vaca día		
Pienso	2.060	13,8	kg pienso DAC/robot:	0,00
Alfalfa deshidratada	415	2,8	kg totales/día en unificada (MF)	6.970
Siloveza-avena	1.560	10,5	kg totales/día (MF)	6.970
Silomaíz	2.935	19,7	kg/vaca día (M.fresca)	46,8
			kg/vaca día (M.seca)	23,8

Análisis

Fecha de análisis: 14/04/2015

Nombre de la mezcla: Vacas producción

	Iniciopesebre	Mediopesebre	Finalpesebre	Media
% materia seca:	51,37	50,80	50,60	50,92
Almidón:	24,46	23,48	22,65	23,53
Cenizas brutas:	7,24	7,12	7,44	7,27
FAD:				
Fibra bruta:	17,40	18,57	18,74	18,24
FND:	31,47	32,62	33,34	32,48
Grasa bruta:				
Proteína bruta:	16,98	16,50	16,18	16,55

Comentarios

Datos unifeed

Ganadero: ***

Nº de vacas en producción: 149

Datos del unifeed

Marca: Tatoma
Modelo: MT-20
Capacidad (m3): 20
Accionamiento: Arrastrado Tipo:
Horizontal Número de sinfines: 1
Año de compra: 2014

Estado de las cuchillas arriba*:
Estado de las cuchillas abajo*:
Estado de las cuchillas extremo*: 2: pocas desgastadas
Estado de las cuchillas centro*: 1: bastante desgastadas
Meses desde el último cambio: Nunca
Frecuencia de cambio (meses): Nunca
Frecuencia de afilado (meses):
Meses desde el último afilado:



*Arriba y abajo corresponden a unifeeds verticales; extremo y centro a horizontales

Escala de valoración de las cuchillas:

- 0: totalmente desgastadas
- 1: bastante desgastadas
- 2: pocas desgastadas
- 3: nuevas o como nuevas

Comentarios

No le cambian unalascuchillas argumentando que usa forrajes y apicados

Preparación y distribución de la mezcla

Ganadero: ***

Nombre de la mezcla: Vacas producción

Operario: ***

Datos de

mezclado RPM del sin fin

Valoración visual del llenado: 75-100%

terior: 11,00

m3/vaca 0,13

nº de contracuchillas: 0

vacas/m3 7,5

Contracuchillas*:

kg MF total mezcla: 6.970

*Escalade valoración: 0 (totalmente fuera); 1; 2; 3 (totalmente dentro)

Orden de mezclado y tiempos

Orden de mezclado	kg materia fresca	Tiempo carga**	Tiempo carga+mezcla**	Tiempo mezclar tras carga**		
1: Pienso	2.060				Horainicio:	7:20:00
2: Alfalfa deshidrat	415			0:00:49	Horafin:	8:05:00
3: Siloveza-avena	1.560		0:04:00		Tiempototalde preparacióny distribución:	0:45:00
4: Silomaíz	2.935		0:09:00		Tiempode mezclar tras finalizar la carga:	0:11:27
5:					Tiempode distribución:	0:06:00
6:						
7:						
8:						
9:						

**Tiempode carga: corresponde al tiempo que se está cargando el ingrediente con el unifeed parado. Tiempode carga+mezcla: corresponde al tiempo que se está cargando el ingrediente con el unifeed en marcha. Tiempode mezclar tras carga: corresponde al tiempo que transcurre desde que se termina de cargar un ingrediente hasta que comienza a cargarse el siguiente.

Distribuciones y arrimado

nº mezclas/día: 1

Arriado (nº de veces): 1

nº de distribuciones/día: 1

Hora arriado 1: 19:00

Hora de distribución 1: 8:05

Hora arriado 2:

Hora de distribución 2:

Hora arriado 3:

Hora de distribución 3:

Hora arriado 4:

Comentarios

Calidad de leche y heces

Ganadero: ***

Orden de producción y calidad de leche

Nº de vacas en producción:	149	Nº de ordeños:	2
Análisis desde:	13/04/2015	Vacas/sistema de ordeño:	
Análisis hasta:	21/04/2015	Horas de ordeño 1:	6:00
% de grasa en el tanque:	3,74	Horas de ordeño 2:	16:30
% de proteína en el tanque:	3,47	Horas de ordeño 3:	
Urea:	297,60	Duración del ordeño:	2:15
Producción aproximada/día:	30,50		

Valoración de heces

Muestra 1

Volumen antes de enjuagado 2:	300
volumen después de enjuagado 2	150
Reducción de volumen 2:	50%

Muestra 2

Volumen antes de enjuagado 1:	300
volumen después de enjuagado 1:	100
Reducción de volumen 1:	67%

Reducción de volumen tras enjuagado en colador aconsejable según Hulsén, 2011: al menos 50%



Comentarios

Anejo IV: Planteamiento del protocolo de la CFIA (2013) para el análisis de la homogeneidad

Para asegurar la certeza del método propuesto por la CFIA (2013), se intentó buscar un elemento que fuera proporcionado por una única materia prima, tal como indica la CFIA (2013). Para ello, se revisaron los correctores utilizados en los piensos (tabla 39), así como los niveles de microelementos en otras materias primas según INRA, 2007 (tabla40).

Tabla 39: Concentración de algunos de los correctores utilizados en los piensos de las ganaderías objeto de estudio (Fuente: elaboración propia a partir de etiquetas)

Corrector utilizado	Conc. de oligoelementos procedentes del corrector (mg/t pienso)							Oligoelemento de mayor concentración
	Fe	Mn	I	Cu	Co	Zn	Se	
Nutral	40000	115000	1600	20000	500	115000	220	Mn
Nutral g	125000	100000	2083	25000	833	108333	1250	Fe
Baymix	20000	25000	1500	20000	500	40000	500	Zn
Setnamix	15000	40000	1000	7500	500	60000	300	Zn
Omega vacas 6	125000	100000	1250	25000	750	108333	417	Fe
Omega peralta								
Omega vacas 3	35000	40000	1000	5000	100	30000	200	Mn
Dsmdairy	60000	60000	960	24000	120	60000	360	Fe;Mn
Copico 330-n-cop	50000	75000	1875	12500	625	100000	435	Zn
Setnamix c/c	20000	50000	1500	15000	1000	60000	200	Zn
Setnamix c/c lev rum	20000	70000	3000	15000	1500	60000	200	Mn
Setnamix c/c lev	20000	70000	3000	15000	1500	60000	200	Mn
Nutralprec	10000	30000	400	10000	220	60000	400	Zn
Nutralmali	10000	30000	400	10000	220	60000	400	Zn
Omega ctoceb 3		40000	500		100	30000	200	Mn
Omega megalactor 5		24000	300		60	18000	120	Mn
Copico 320-n		25000	500	2500	300	50000	220	Zn
Copico 328-l		24255	497	2422	301	50001	266	Zn
Copico vacas 331-n	99999	99999	1200	39999	480	99999	525	Mn;Zn

Tabla 40: Concentración de microelementos en algunas materias primas (fuente INRA, 2007)

Mat prima (todo en %MS)	P	Ca	Mg	S	Na	Cu	Zn	Mn	Co	Se	Iodina
Silo raigrás italiano anual	2,60	4,60	2,00	2,00	0,40	4,00	30,00	125,00	0,10	0,02	0,10
Silo maíz planta entera con condiciones normales de crecimiento	2,60	4,60	1,30	1,80	0,20	6,00	25,00	60,00	0,06	0,08	0,10
Alfalfa primer corte dh	2,40	12,50	2,50	0,70	0,30	6,00	25,00	35,00	0,02	0,02	0,10
Alfalfa primer corte rama	2,40	12,50	2,50	0,70	0,30	6,00	25,00	35,00	0,02	0,02	0,10
Paja trigo	1,00	2,00	1,00	0,60	1,50	4,00	10,00	20,00	0,02	0,02	0,10
Paja trigo amoniacada	1,00	3,50	1,00	1,60	1,50	4,00	10,00	20,00	0,02	0,02	0,10
Heno festuca	2,40	2,70	1,50	1,80	0,20	6,00	25,00	100,00	0,05	0,02	0,30
Heno hierba	3,20	4,60	2,00	3,60	2,70	7,00	80,00	110,00	0,10	0,02	0,10
Pulpa cítricos deshidratada	1,00	17,00	1,30	1,20	1,50	4,00	14,00	8,00	0,16	0,10	0,10
Pulpa de cítricos	0,15	0,93	0,14	0,13	0,08						
Pastone	1,80	2,00	1,50	1,30	2,30	6,00	30,00	24,00	0,06	0,02	0,10
Cebadilla	0,52	0,26	0,15	0,33	0,01						
Silo avena	0,52										

De estas tablas anteriores se deduce que ningún elemento es aportado mayoritariamente por una de las materias primas, por lo que pueden quedar camufladas posibles faltas de uniformidad.

Por ello, se decide evaluar la homogeneidad también con las bandejas Penn State según el método Oelberg et al. (2014)